لواحق المقتطف الشهرية

يوليو ١٩٤٦

فلسفة التفاحة

او

جاذبية نيوتن

Newton's Gravitation.

بقلم

نقولا الحداد

جميع حقوق الطبع محفوظة للمقتطف

الثمن ١٠ قروش صاغ

مطبعة المقتطف والمقطم

١٩٤٦

فهرست الكتاب

	صفحة
الفصل الأول : من هو نيوتن	٢
الفصل الثاني : القوة القصوى	١٣
الفصل الثالث : تحول ناموس الجاذبية	٢٣
الفصل الرابع : مصدر القوى	٢٥
الفصل الخامس : سر التجاذب	٣٠
الفصل السادس : الجاذبية والدائمية	٣٦
الفصل السابع : الجو الجاذبي	٤٠
الفصل الثامن : نشوء النيرات والاجرام	٤٣
الفصل التاسع : تطور الكون	٤٩
الفصل العاشر : عمد الكون وتقلصه	٥٧
الملحقات الرياضية	٥٩

اصلاح اخطاء

نرجو من القارىء ان يصلحها بقلمه

صفحة	سطر	خطاء	صواب
١	١١	احدى	أحدث
٥	١٤	قرأت	قُرِئت
٥	٢٣	استنبطها	استنبطه
٩	٩	اكتفاف	اكتفف
١٣	٩	لنا	كما
١٦	١٤	Sector	Fector
١٧	٥	$\frac{٢٠}{٢٢}$	$\frac{٢٠}{٢٦}$
٢٠	١٠	مُلٌّ	مـلٌ
٢٠	١٥	٢٤و٦٥	٢٤،٦٥
٢٠	١٩	الدورات	الدوران
٢٦	٣	المنحدرة	المنحدر
٣٠	٧	عن الآخر	عنه
٣٢	٢٣	تنحل	تنحل الى
٣٦	١٨	منها	عنها
٤٣	٦	لتحصيل	لتحليل
٤٥	١١	$(١٠)^{٢١}$ الخ	$١٨٤ \times (١٠)^{٥} \times (١٠)^{٣٩}$
٥١	٢١	Symetry	Symmetry

مقدمة

هذا كتابٌ في موضوع علمي خاص — جاذبية نيوتن الفيلسوف الطبيعي العظيم الذي يعد في قمة علوم الطبيعة منذ القديم الى اليوم . وقد كُتب بأسلوب بسيط جدًّا سهل الدراسة يفهمه العامة المتعلمون تعليماً بسيطاً . ويجد فيه الخاصة بحثاً وافياً في سنَّة الجاذبية من جميع نواحيها ، وكشفاً لأعمق أسرارها وحلاً لجميع ألغازها . وقد أفتُتح بسيرة نيوتن قصة كاشف أسرار الطبيعة وضابط قواعدها ونواميسها .

وقد أضيف الى هذا الكتاب ملحق رياضي لبرهنة القضايا المهمة في الجاذبية لكي يستفيد به فريق القراء الذين لا يستصعبون القضايا الرياضية بل يستلذونها ، ولعله يكون حافزاً للقرَّاء الذين قلَّت معرفتهم الرياضية ، أو هم لا يريدون أن يُعنتوا أذهانهم في تفهُّم تلك القضايا ، وممارستها

وقد استعنت في تصنيف هذا الكتاب بإحدى المؤلفات العصرية لأساطين العلم ومنهم السير تجايمس تجينز والسير ادينغتون وأينشطين وبرتراند رصل وغيرهم ، وبمتن الفلك لكبار الفلكيين الاميركيين الأساتذة الثلاثة رصل ، ودوغان ، وستيورت ، الذين نقحوا كتاب الفلك المشهور لسلفهم الفلكي الكبير يونغ ، ودائرة المعارف البريطانية .

نقولا الحداد

الفصل الاول

من هو نيوتن

١ — ملاحظة التفاحة

روى بمرتون صديق نيوتن الحميم، وقد وقف على الطبعة الثالثة من كتاب المبادىء لنيوتن:

«كان نيوتن جالساً ذات يوم تحت شجرة تفاح يفكر كعادته حين يكون منفرداً، فرأى تفاحة سقطت من الشجرة من تلقاء نفسها — لعلها تجاوزت دور النضج — فحوّلت تفكيره الى سبب سقوطها، وقال في نفسه، ما الذي أسقط هذه التفاحة الى الأرض».

وكان قد عرف نظرية طيخو براهي عن مسارعة الأجسام الساقطة. فتراءى له أن التفاحة سقطت متسارعة — تراءى له تسارعها على الرغم من ان سقوطها لم يتجاوز ثانيتين وهي مدة لا تكفي لملاحظة المسارعة. فاستطرد يقول لنفسه: وما الذي جعلها تسقط متسارعة. وما هي القوة التي تُهبط الأجسام من أعلى الى أسفل — من الشجرة ومن الجو ومن رأس الجبل ومن البرج الخ. ألا يمكن أن تكون هذه القوة هي نفس القوة التي تفعل بالقمر فيدور حول الارض، بدل أن يندفع في خط مستقيم وفقاً لما نعلمه بالبديهة. ألا يمكن أن تكون هذه القوة في الارض نفسها، قوة تجذب ما حول مركزها اليه؟ ألا يمكن أن تكون نفس القوة التي تحرج السيارات أن تدور من حول الشمس.

وما عتم أن شرع يفكر في صنة طبيعية توجب على الأجسام أن تدور من حول مركز. ولأنه كان رياضيًّا بالفطرة وقد نبغ في الرياضيات منذ حداثته شرع يبحث في خطة هذه القوة. لا بدّ أن يكون ثمت نظام حسابي لهذه القوة تسير فيه على قاعدة واحدة مهما اختلفت الأجسام حجماً وتباعدت مسافة أو تفاوتت زمناً.

الغاية الرئيسية من هذا الكتاب بسط سنّة الجاذبية كما اكتشفها هذا الفيلسوف العظيم نيوتن في جميع ظروفها ومقتضياتها. ولكن البحث في هذه الغاية يستلزم البحث في حياة نيوتن نفسه.

هذه السنة التي برزت من ذلك الدماغ الذي بقيت أليافه تلمع لمعات الذكاء برهة ثلاثة أرباع القرن حتى انها أضاءت عالم العلم منذ مولد ذلك الفيلسوف الطبيعي الى اليوم والى الأبد — هذه السنة فتحت باب أسرار الطبيعة للعلماء الحديثين فاجتلت لهم حقائق عديدة عن الكون المادي .

منذ عهد نيوتن الى الآن انجلى من أسرار الكون ما يعادل الف ضعف مما استجلى الانسان منها من قبل .

قال أحد المدركين قيمة عمل نيوتن العلمي « كانت نواميس الطبيعة غامضة وفي ليل حالك من الجهل الى أن قال الله : « ليكن نيوتن » . فضاءت المعرفة وأنارت الكون كله »

قبل البحث في موضوع الجاذبية ينبغي ان نرفع الغطاء عن مثال الذكاء الذي كشف القناع عن الجاذبية — ينبغي ان نجمل للقارىء سيرة حياة نيوتن الملقب بحق فيلسوف الطبيعة وزعيم فلاسفتها

٢ — نشوؤه

ولد اسحق نيوتن في ٢٥ من ديسمبر سنة ١٦٤٢ في منزل وضيع في وولتروب قرب جرانثام من ولاية لنكشير في انجلند . وقيل انه من نسل السير جون نيوتن . وكان أبوه قد توفي في أكتوبر السابق . وفي سنة ١٦٤٥ تزوجت أمه برنابا سمث قسيس نورث وهلم من ليبتشر . وبعد زواجها الثاني عاش اسحق مع جدته مرج اسكوف من وولتروب ايضاً . ولكنها استعادته اليها بعد ترملها الثاني

وكان في اول عمره نحيفاً ضعيف البنية لم تُرجَّ له الحياة، يقال لأنه ولد قبل موعد الولادة ولازم نحو سنتين المدرسة الابتدائية في جرانثام اذ كانت تحت رعاية المستر ستوكس . ومنذ دخل المدرسة بدت عليه مخايل الذكاء . بيد انه لم يتفوّق بل كان نجاحه قليلاً . ولعلّ السبب انه كان يلهو بالألعاب وصنع أشياء منها . وقد ورد في كتاب أعلام المقتطف : « قيل انه لم يكن ليلتذ مهتمًّا بمعاشرة رفاقه التلاميذ وملاعبهم بل كان ينفرد عنهم ويلهو بالألعاب الميكانيكية وتقليد ما يراه منها ، فاصطنع بيده منشاراً وقدوماً ومطرقة وسائر أدوات الصناعة بحجم صغير يناسبه . وكان يستعملها بحذق غريب . فصنع بها ماعات يديرها الماء المنحدر . فكانت بغاية الضبط والاتقان .

« وفي ذات يوم أنشأوا في المدرسة طبخة هوائية كانت لذلك العهد غريبة عجيبة فما زال يدرسها حتى فهمها وصنع مثلها . وزاد عليها أن جعل الطحان تارةً يطحن الدقيق ويأكله » (باختصار) .

وأولع أيضاً بالرسم والتصوير وبنظم الشعر فانصرف عن درسه بهذه الألعاب والفنون الى أن تفوّق أحد رفاقه عليه في إحدى المنافسات . فأثار الأمر في نفسه حماسة المثابرة وما لبث أن صار رأس فرقته .

وكان يستلذ مراقبة نجوم السماء . فلا بدع أن يُغرق بعدئذٍ في التفكير في الجاذبية التي تربط أجرام السماء .

في الرابعة عشرة من عمره سنة ١٦٥٦ أخرجته أمه من المدرسة لكي يساعدها في الحقل . وهل المخلوق لكي يفلح السماء يطيق أن يفلح الأرض ؟ طبعاً لم ينجح في هذا العمل لأنه كان لاهياً في العمليات الرياضية حين كان يجب أن ينشغل في الزرع والقلع والحرث والعزق . وكانت أمه ترسله الى سوق جرانتهام لكي يبيع غلة الحقل ومعه خادم مسنّ . فكان يحيل أمر البيع في السوق إلى هذا الخادم ويجنح الى الصديق كلارك الصيدلاني حيث يطالع فيما عنده من كتب علمية وكيماوية .

ولما رأى خاله وليم ايسكوف قس بورتون كوكجل والعضو في كلية التالوث (ترينتي) في جامعة كمبردج ميله الى الرياضيات والعلم نصح لأمه أن ترده الى المدرسة لكي يستعد لجامعة كمبريدج . وكان ذلك ١٦٦٠ وفي سنة ١٦٦١ اتمّ استعداده للدخول في كلية التالوث . وفي سنة ١٦٦٥ نال شهادة بكلوريوس علوم . وفي سنة ١٦٦٧ أختير معلماً في الكلية المذكورة .

٣ — اكتشافاته الرياضية

وفي سنة ١٦٦٥ اكتشف النظرية الرياضية المسماة « الكميات التفاضلية » وهي عبارتان جبريتان تربطهما علامة الايجاب أو علامة السلب . وما لبث أن استنبط الفن الرياضي المسمى « حساب التكامل والتفاضل » Calculus وقد سماه Fluxions وترجم المقتطف الكلمة

« فن السيالة » ولهذا الفن شأنٌ عظيم جدًّا في العلوم الرياضية النظرية والعملية كالهندسة الميكانيكية وهندسة البناء الخ .

وفي مايو من السنة التالية دخل في الطريقة العكسية لهذا الفن وهي طريقة حساب المنحنيات وأحجام المجسمات . وقال : « وفي تلك السنة ١٦٦٦ جعلتُ أفكر في قوة الجذب (أو في الثقل) الممتدة الى فلك القمر . وأخذت أقابل القوة اللازمة لحفظ القمر في فلكه بالقوة الجاذبية التي على سطح الأرض .كان ذلك في سنتي ١٦٦٥ و ١٦٦٦ .وذلك أول شبابي»

٤ — اكتشافه سر الالوان

ومنذ ذلك الحين جعل يبحث في البصريات وأسباب الألوان. وفي ١١ من يناير سنة ١٦٧٢ أرسل شرح اختباراته الى الجمعية العلمية الملكية . وفي تلك السنة عينها اختير عضواً في الجمعية مع لقب أستاذ ، وفي المقال شرع يرسل رسائله الى اوكدنبرج كاتب السر في الجمعية لكي تتلى فيها .

ومما كتبه حينئذٍ : « سأبذل جهدي أن أبدي شكري للجمعية بتقديم ما تستطيع مجهوداتي المتواضعة أن تؤازره في ترقية البحث الفلسفي » .

وقرأت نظريته عن النور والألوان في ٨ من فبراير في المجمع العلمي الملكي أي الجمعية المذكورة آنفاً . وأظهرت العمليات التي شرحها أن النور مؤلف من مجموعة من الأشعة مختلفة الانكسار . أي انها إذا مرَّت في موشور (أصبع من بلور مثلث الزوايا) خرجت أشعته ملونة منكسرة على زوايا مختلفة مع الشعاع الأصلي . ومعنى ذلك أن الألوان ليست صفات للنور المنعكس عن الأجسام الطبيعية كما كان يظن ، بل هي خواص أصلية في النور نفسه تختلف باختلاف الأشعة المنكسرة . أي إن اللون ليس في الجسم الذي يعكسه بل في النور نفسه الذي انعكس عليه . واختلاف الألوان يتوقف على اختلاف زوايا الأشعة المنكسرة كما نعلم نحن الآن . ونعلم أن زوايا الانكسار هذه تختلف باختلاف أحوال الموجات الضوئية وذبذباتها . والتي تُحدث في شبكية العين تلك الاختلاف . والدماغ يتصوَّر لكل ضرب من الموجات لوناً خاصًّا أو هو استنبطها

وفي المدة التي كان فيها منشغلاً في هذا البحث وفي تحقيق نظريته عين أستاذاً للرياضيات ،

إذ استقال سلفه الأستاذ باروتسكي لكي يحل هو محله . ومن ثمّ كانت السلسلة الأولى من محاضراته عن البصريات مؤيدة بالمعادلات الرياضية . وهذا ما حمله على الاستمرار في البحث والاختبار التجريبيين بواسطة الموشور المشار إليه الذي اشتراه في معرض ستوربردج سنة ١٦٦٦ إلى أن بلغ بحثه قمّتهُ في رسالة إلى الجمعية (أي المجمع العلمي الملكي) سنة ١٦٧٢ حيث قامت قيامة المناقشات الحادة بين العلماء الطبيعيين في هذا الموضوع ، على ان المجمع أثنى عليه باحترام كلي وشكر له بحثه العظيم الشأن وأبلغه ان المجمع عُني به عناية خاصة .

٥ — مناظرة العلماء له

وحاول روبرت هوك مع «وارد» مطران سالسبوري وروبرت بويل أن يتمادوا في البحث تخطئةً لنظرية نيوتن . وهوك في كتابه ميكروجرافيا وصف عملية تجريبية بالموشور . ولكنها لم تعد بتأييد رأيه . وجميع انتقادات هؤلاء الثلاثة انتهت بتأييد رأي نيوتن

وكان في التلسكوب (المقراب) في ذلك الحين عيب لوني . فعالج نيوتن في اصلاح هذا العيب الى حدّ ما . وصنع التلسكوب المُصلَّح لاول مرة سنة ١٦٦٨ . ثم صنع تلسكوباً ثانياً وأرسله الى المجمع الملكي في ديسمبر سنة ١٦٧١ .

وتطاول البحث والنقاش في البصريات بينه وبين العلماء سنة ١٦٧٥ وكتب في تلك السنة: « لقد تعبت جدًّا في هذه المباحث التي دارت حول نظريتي في النور حتى أني لمتُّ تقريباً أخيراً لحتى في حجر لعمة راحتي لكي أعدو وراء خيال أو ظل » .

على ان هذه المباحث كانت ذات فوائد جمة لأنها أدّت به الى تحقيق تأثيرات اللون الأخرى ، والى البحث في سبب صدور النور ، والذهاب الى أن النور ذريرات تصدر من الجسم المنير وتنطلق في الفضاء الخالي بسرعة فائقة . وقد حسبها حينئذٍ ١٩٠ الفميل في الثانية وهي الآن بالتحقيق ١٨٦ الفميل ، فاضلّ كثيراً على الرغم من فقر عصره بالآلات الفلكية والعلمية .

ثم انه تبسط في أسرار انعكاس النور وانكساره كما هو معلوم الآن في علم الطبيعيات . وعاد هوك يتصدّى إلى نقده في هذا الموضوع في كتابه ميكروجرافيا ١٦٦٤ اذ استند على نظرية هوجنس Huyghens في أن النور قوة تنتقل بحركة موجية في الاثير المالىء الفضاء . ولكنه لم ينجح في تطبيق هذه النظرية على الانتشار (المتعامد) لكل الجهات والانعكاس

والانكسار الى غير ذلك من خواص النور . ومع ذلك كان نيوتن مضطرًا في تعليل هذه الظاهرات إلى فرض أن النور المنتشر ذريرات من الجسم المنير تنطلق متموجة في الايثر .

ومضى زمن بعد نيوتن كان يعتقد فيه العلماء ان النور أمواج ايثرية لا ذرية . ولكن بعض علماء هذا العصر عادوا الى نظرية نيوتن بتنقيح كثير فيها . وقد سمى السير تجايمس تجينز أمواج الذرات النورانية Wavicles وهي نحت من كلتي Wave-Particle

وكانت عبارة نيوتن الأخيرة في هذا الموضوع سنة ١٦٧٥ « أظن أن النور ليس أثيرياً ولا أمواجاً ايثرية بل هو شيء آخر ينتشر من الجسم المنير » . ويظن أيضاً « أن النور والايثير يتفاعلان الواحد مع الآخر »

على أن شهرة نيوتن لا تتوقف على هذا البحث ولا تقف عنده بل على اكتشافات علمية أخرى تخلد اسمه الى الأبد وأهمها « ناموس الجاذبية » .

٦ — قوة الجذب

وفي سنة ١٦٦٦ حين عاد الى وولثروب بسبب انتشار الطاعون في كمبردج، جعل يفكر في قوة الجذب الممتدة الى فلك القمر الى أن اكتشف ناموسها . ولكن لمَّا لم يصح تطبيق هذا الناموس على القمر الدائر حول الأرض . لم يشأ أن ينشر شيئاً بشأنه مدة طويلة لظنه انه خطأ وأن الفكرة سخيفة .

والغريب أن يظن نيوتن ان لوقوع الجسم على الأرض ودوران القمر حولها ناموساً. أليس غريباً أن يعتقد نيوتن ان القوة التي اجتذبت التفاحة الى الأرض هي نفس القوة التي تدير القمر حول الأرض . عجباً اذن ! لماذا لا يسقط القمر على الأرض كما سقطت التفاحة وكما يسقط كل جرم . وأعجب من ذلك أن يدرك نيوتن هذا السر وهو غريب على الأذهان وبعيد عن الأفهام [1] . وبناءً على فهمه هذا السر عمل حسابه فضلَّ لأن المعلومات التي بني عليها كانت ناقصة كما سيرد بيانه . وكما سيعلم القارىء السر الذي أدركه نيوتن .

في ذلك الحين كان بعض أعضاء المجمع العلمي يخمنون تخمينات مختلفة فيما لاح لنيوتن

(١) سترى تفسير ذلك في ٤ و ٥ من الفصل الثاني .

من قبيل قوة الجذب التي تجذب الأجسام نحو المركز والسيارات نحو الشمس والقمر نحو الأرض الخ . وكان منهم رن ، وست وارد مطران لسبوري ، وروبرت بويل ، وهوك ، وهالي ، الى أن التقى هالي بهوك ورن يوم الاربعاء من يناير سنة ١٦٨٤ . فقال رن انه اكتشف البرهان على نواميس الحركات الفلكية . أما هالي فاعترف بجهله . وانبرى حينئذ السير كريستوفور مشجعاً البحث في الموضوع وقال انه يهدي كتاباً بأربعين شلناً لمن يجد حلاً لمسألة دوران السيارات في أفلاكها . وأمهل المشتغلين بها شهرين .

بقيت المسألة بلا حل حتى شهر أوغسطس حين زار هالي نيوتن في كمبريدج وقال له : وصل إليَّ انك توفقت الى الحل لهذا السؤال : وهو ان تأثير قوة مركزية على جسم متحرك تختلف كمربع البعد . فكيف ذلك وما البرهان ؟

فوعده نيوتن بأن يبحث عن نسخة البرهان التي أهملها منذ ١٨ سنة لعدم ثقته بصحته . على ان نيوتن لم يجد النسخة فأعاد كتابة البرهان من جديد وأرسله الى هالي في نوفمبر من تلك السنة . وعاد هالي الى كمبريدج وألحَّ على نيوتن أن يقدم البرهان للمجمع .

وفي العاشر من ديسمبر سنة ١٦٨٤ أبلغ هالي الى المجمع ان نيوتن أراه رسالة مستغربة وانه ألحَّ عليه أن يرسلها الى المجمع لكي تسجل فيه . فأرسلها نيوتن . وسُجِّلت بالفعل في فبراير سنة ١٦٨٥ وعلى حاشيتها تاريخ صدورها في ١٠ ديسمبر سنة ١٦٨٤

ولكن في أوائل سنة ١٦٨٥ أدَّت حساباته بهذا الشأن الى اعتبار ان كلاً من الشمس والسيارات كأنها نقطٌ متجمعة في مراكزها أي ان الجرم كله كتلة مضغوطة في مركزه ، وفي هذا المركز مقرّ القوة الفاعلة . ولكن أحقيق هذا ؟ أم ان الجرم مهما كان كبيراً أو صغيراً يعتبر كله مركزاً إذا قورن بالمسافة السحيقة بينه وبين الجرم الآخر ؟ . وما هي هذه القوة التي تستطيع بها الشمس مثلاً أن تجتذب جرماً خارجاً عنها .

ومن ثمَّ جعل نيوتن يحسب حساباته على فرض ان كل ذرة في الشمس تجذب كل ذرَّة في الجسم الآخر البعيد عنها بقوة مناسبة لحاصل ذرَّات هذا مضروبة بذرَّات ذاك وبنسبة مربع البعد بينهما .

ولما خرج نيوتن بناموس الجاذبية نتيجة لحساباته سنة ١٦٦٥ رأى ان دوران القمر

أسهل نموذج لاختبار صحة الناموس . فحسب حسابه على اعتبار أن القمر يبعد عن الأرض نحو ٦٠ مرّة طول نصف قطر الأرض . فكانت النتيجة خطأ . وبعد مدة من الزمن ظهر أن قطر الأرض أطول مما كان يظن . فعمل حسابه على اعتبار الطول الجديد فصحّ وثبتت السنّة التي اكتشفها .

(وسيأتي شرح ذلك فيما بعد في الملحق الثالث القسم الثالث)

وبعد ذلك تحرّأ نيوتن أن يعلن ناموسه وأن يجاهر به بثقة عظيمة ثم طبّقه على جميع دورانات السيارات . ثم صار يطبقه على كل حركة فلكية وكونية مهما كانت عظيمة وشاسعة وبعيدة أو صغيرة أو كبيرة .

وبواسطة قانون الجاذبية اكتشاف تسطيح الارض عند قطبيها . وسبب تغير الثقل بتغير الارتفاع عن سطح الارض . وبها فسّر مبادرة الاعتدالين وسير المد والجزر . وقال بامكان معرفة حجم السيارات بواسطة معرفة جذبها بعضها لبعض واضطراب حركاتها . وتعليل تقدم نقطة الرأس في الفلك الأهليليجي الى غير ذلك من الحركات الفلكية .

الناموس الطبيعي لا ينقض بوجه من الوجوه . هو أساس النظام الثابت .

٧ — فلسفة المبادىء الطبيعية

عاد نيوتن بعد ذلك الى كمبردج وشرع يؤلف كتابه المشهور العظيم الشأن « المبادىء » Principia سنة ١٦٨٦ وقد سماه فلسفة المبادىء الطبيعية الرياضية Philosophae Naturalis Principia Mathimatica وأتمه في ثلاثة مجلدات وطبعت في ١٦٨٧ .

وكانت الجمعية (أي المجمع العلمي) في ذلك الحين فقيرة فأخذ هالي نفقات الطبع على عهدته . وكان يزيل كل ما يستطيع من الصعوبات من امام نيوتن لكي يتم هذا العمل العظيم . وما عتمت هذه المؤلفات الثلاثة النفيسة ان انتشرت في كل اوربا . ونشرت معها شهرة عظيمة له . وبقيت المرجع العظيم الشأن لعلماء العصر الى اليوم . ومعظم نظريات علم الاكوان والافلاك تستند الى المبادىء التي قرّرها نيوتن .

٨ — مرضه وتقوقعه الرياضي

في سنة ١٦٨٩ انتخب نيوتن عضواً في الجامعة ثم انتخب ثانيةً في سنة ١٧٠١

وفي سنة ١٦٩٠ عاد الى كمبردج واستمرَّ في مباحثه الرياضية ، وما عتم أن انتابه داء الأرق بين سنتي ١٦٩٢ و ١٦٩٤ . وقيل انه أصيب باضطراب عصبي حتى باختلال عقلي أيضاً

وحينئذٍ كتب هيفن الى بستر : « لا أدري ان كنت قد علمت بما حدث للفاضل السير نيوتن . وهو انه أصيب بالتهاب دماغي دام ١٨ شهراً . وقيل ان أصدقاءه عالجوه بأدوية مختلفة . وحجزوه ومنعوه من الخروج » .

وقد حاول أصدقاؤه مرة أن يردوه الى عمله في سنة ١٦٩٥ ومنهم رن وصديقه تشارلس مونتاجو ولورد هاليفاكس الذي كان سابقاً أستاذاً في كلية الترينتي، ثم وزيراً للمالية بعد ذلك. وعرضوا عليه وظيفة مراقب مصلحة سك النقود. فقبل الوظيفة وبقي أستاذاً في كمبردج . وبعد ٤ سنين صار مدير المصلحة . وفي تلك السنة انتخب واحداً من الثمانية الأجانب لعضوية الأكاديمية الفرنسوية في الفرع العلمي .

في سنة ١٦٩٦ اقترح جون برنولي الرياضي السويسري رسالة على رياضي أوربا يقترح فيها عليهم حل قضيتين رياضيتين، وأمهلهم ستة أشهر. وفي ٢٩ من يناير ورد لنيوتن في فرنسا نسختان مطبوعتان من هذه الرسالة . وفي اليوم التالي أرسل نيوتن حلهما الى مونتاجو الذي كان حينئذٍ رئيس المجمع العلمي الملكي . فأرسل الحلان بلا توقيع الى برنولي ، ولكن برنولي لما اطلع على الحلين وعلم بلا توقيع قال : « عرفته كما يعرف الأسد بمخالبه . هو نيوتن » .

وقضى لبنتز المنافس لنيوتن في الرياضيات ستة شهور يفكر في المسألتين ولم يوفق الى حلهما .

وفي سنة ١٧٠١ استقال نيوتن من الأستاذية في الترينتي (كلية الثالوث) وانتقل الى لندن وبقي قائماً بواجباته كأستاذ ذي انتاج ممتاز الى أن توفي سنة ١٧٢٧

وكان في سنيه الأخيرة ذا مقام عظيم يذكر له . ففي سنة ١٧٠٣ كان رئيساً للمجمع العلمي الملكي . وبقي ينتخب لهذا المنصب كل سنة الى آخر حياته .

٩ — مقامه

زارت الملكة حنة كمبردج سنة ١٧٠٥ ونزلت ضيفاً على الدكتور بنتلي رئيس كلية الثالوث وهناك منحت نيوتن وسام فارس ولقب سير .

وفي ذلك الحين ابتدأ النقاش بينه وبين لبنتز بشأن حساب التكامل والتفاضل . وقد نشرت إحدى المجلات مقالاً بلا امضاء يزعم فيه كاتبه ان نيوتن اقتبس فكرة فن السيالة Fluxion من لبنتز . ولكن من يصدق ان ذلك الدماغ العظيم تتدنى نفسه الى اقتباس نظرية رياضية من غيره وهو رب الرياضيات .

واستمرت المناقشة بينه وبين لبنتز سنتين الى أن مات لبنتز سنة ١٧١٦ ولكنها استمرت بين الرياضيين الآخرين نحو قرن .

ومات نيوتن بعلة الحصاة في ٨ مارس من سنة ١٧٢٧ ودفن باحتفال عظيم يليق بعظيم مثله في دير وستمنستر .

١٠ — نبوغه

لم يقتصر نبوغ هذا العبقري العظيم على ضرب واحد من ضروب العلوم والمعارف ، بل شملها جميعاً . كان رياضيًّا بالفطرة . لم يسبقه أحد في إدراك الرياضيات العليا كأنها سجية في عقله ، فلا يُمعنت فكره في فهم قضاياها، فكان اذا رأى شكل قضية هندسية واطلع على نص القضية يفهم البرهان من غير أن يدرسه أو يطلع عليه ، واستنباطه لحساب التفاضل والتمام الذي تحل به معضلات العمليات الرياضية يدل على ان عقله كان من درجة أسمى من مستوى عقل البشر . وله مصنفات في الجبر والمعادلات وفي الهندسة .

كان أيضاً عالماً كيماويًّا . وله في الكيمياء كتاب بحسب ما كان علم الكيمياء في عصره وربما توفق لزيادة على ما كان .

وأما في العلوم الطبيعية فباحثه في النور وفي نواميس القوة والحركة كما هي محصية في كتابه « المبادىء » لا تزال الى اليوم مستند أهل العلم الطبيعي . وله مصنفات في الفلك والنظام الشمسي .

ومع كل دراساته العميقة التي أحاطت بكل العلوم في الطبيعة والكون كان عالماً في

الالهوت وله مباحث في العقيدة بوجود الله . ولكنه لم يكن يعتقد بالتثليث — وكيف يمكن ذلك العقل المنطقي الرياضي أن يقتنع به .

١١ — الخلاق

كان دمث الأخلاق لا يغضب ولا يعادي ولا يحقد ، حتى انه إذا قسي عليه في جدال عدل عن الموضوع تحاشياً للنفار والجفاء . ولذلك لم يكن له أعداء بل أحباء معجبون .

وعلى سموّ عقله واتساع دائرة علمه كثير التواضع لا يفخر ولا يدعي ولا يتبجح .

وحين كان صحبه حوله يعجبون بسعة علمه وسمو عقله كان يقول : « أراني طفلاً يلهو على شاطىء من أوقيانوس المعرفة حتى إذا عثرت على صدفة أخذتها . وهل يفرغ البحر من الأصداف » ؟

وعاش عزباً . ويقول انه لما شغل قلبه الحب . ولعله لم يحب . ومن كان مشغول اللب دائماً لا يبقى عنده وقت للحب .

قيل انه ترك ثروة تقدّر بنحو ٣٢ الف جنيه . ولم يكن مسرفاً وانما كان محسناً جواداً يعمل الخير ليس لذويه فقط ، بل لكل من يعرف بغاته وبؤسه .

لا يزال أساطين العلم منذ عهده الى اليوم وبعد اليوم يضعونه في مقام الملك في دولة العلم ، أو الجبل الشامخ المشرف على روابي المعرفة .

قال لابلاس : إن كتاب « المبادىء » الذي صنّفه نيوتن أعظم نتاج عقلي ظهر في العالم وسألت ملكة بروسيا ذات يوم لبنتز (خصمه) رأيه في نيوتن . فقال : إن كل ما أنتجه العقل البشري منذ بزوغه الى اليوم من الفنون الرياضية وأساليبها لا يساوي ما انتجه نيوتن .

وكان كبار العلماء من معاصريه مثل هوك ، وهالي ، وبويل في انكلترا ، وهوجنس في هولاندا ، وتورنلي في ايطاليا ، وباسكال في فرنسا يشاركون الفيلسوف لبنتز الألماني عقيدته في عبقرية نيوتن .

وفي عصرنا قال تجايس تجيز عنه إنه أعظم العلماء على الاطلاق . وقال ايشطين : « ان ما جاء من النظريات العلمية الطبيعية بعده لم يكن الا نموّاً طبيعياً لنظرياته » . ولذلك لم ينقض ايشطين رأي نيوتن في الجاذبية كما ظنّ البعض . بل هو زاد على تلك الدوحة غصناً ، كما انه لم ينقض هندسة اقليدس بل زاد مداها .

الفصل الثاني

القوة القصوى

١ — البديهيات

متى شرع الطفل يستوعب شيئاً من الأحداث التي تطرأ عليه يشرع أيضاً يسأل عن أسباب بعضها مما يراه مستجدًّا أو مغايراً لما تكرَّر له وألفه. يسأل مثلاً لماذا لا يخطف الكلب الجبن عن المائدة وهو يعهد الكلب يأكل الجبنة اذا رآها على الأرض. ولماذا ليس له وشم في يده كما في يد آخر رآه لأول مرة وهو يظن ان الوشم خلقة في اليد. أو لماذا ليس لأبيه أسنان من ذهب كما لجاره. ونحو ذلك. أعني أنه منذ يسعى يشرع يظن أن لكل شيء سبباً. ولهذا تكثر على الطفل الأسئلة لما هو معلوم.

ولكنه لا يسأل البتة لماذا تطلع الشمس كل صباح من وراء أفق الشرق وتغرب وراء أفق الغرب. ولا يسأل لماذا لا يستطيع أن يرفع حجراً كبيراً وهو يستطيع أن يرفع حصاة. ولا يسأل لماذا العصفور يطير وهو لا يطير.

ان ما وعى له أولاً وهو يراه كل يوم لا يسأل عن سبب له لاعتقاده انه أمرٌ طبيعي، فكأنه بديهي عنده، وأما ما يستجد لادراكه وشعوره يود أن يعرف له سبباً.

ما أكثر البديهيات عند الطفل. فطلوع الشمس وغيابها. واحراق النار وألمه، والجوع والعطش والنعاس الى غير ذلك مما لا يحصى — كلها بديهيات عند الطفل. ولكن عند الناضجين ولا سيما المتقنين فلكل هذه أسباب أو لابدَّ من تعليلها وتفسيرها وتبيان علل لها. حتى لطلوع الشمس كل صباح وغيابها كل مساء أسباب كما هو معلوم مهما رأيتها بديهيتين.

وقد تطوَّع بعضهم الى انكار كل بديهية حتى البديهيات الرياضية كقولك: «الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين». و«الخطان المتوازيان لا يلتقيان». و«العددان اللذان يساوي كل منهما عدداً ثالثاً هما متساويان». والحقيقة ان هذه الاوليات ليست بديهيات وانما هي تعريفات. فاذا قلنا الخط المستقيم هو أقرب مسافة بين نقطتين عنينا ان الناس

اصطلحوا على تسمية أقرب مسافة بين نقطتين بالخط المستقيم . فكأن الكلمة وتفسيرها مترادفان. وكذلك سموا الخطين اللذين كيفما امتد في سطح واحد لا يلتقيان خطين متوازيين . وقضية المخطوط او الكميات الثلاثة المتساوية كل منهما يساوي كلاً من الخطين الآخرين أو الكميتين الاخريين هي تحصيل حاصل، كما ان الاربعة أساوي ٢ و٢ هي تحصيل حاصل والنكتة في التعبير .

ومعنى ذلك انه ليس ثمت شيء بديهي بالمعنى الذي نقصده . العقل لا يعرف شيئاً بالبديهة كما نظن وانما يعرفه بتكرار الملاحظة حتى يعتقد انه شيء طبيعي لا يحتاج الى برهان . فسماه « بديهية » . ولا شيء أشد بداهة من قولك لا يوجد شيء في مكانين في وقت واحد معاً . ولكن بحسب ناموس النسبية هذا ممكن لشخصين راصدين في مكانين مختلفين .

واذا سألت العامي : لماذا المياه تجري من اعالي الجبال الى أسافل الاودية ثم الى البحر دهش لسؤالك هذا وقال : « وبكَ أتريد أن تصعد المياه من الاسافل الى الاعالي ؟ » .

تقول له : « لِمَ لا ؟ » .

يزداد دهشة واستغراباً ويقول « هذا مستحيل »

— « قل لي . لماذا هو مستحيل ؟ ماذا يمنع ان تصعد المياه من الاسافل الى الاعالي ؟ ماذا يرغمها ان تنزل ولا تصعد ؟ » .

حتى اذا تحير ولم يجد جواباً لجأ الى ما وراء الطبيعة وقال : « هكذا خلقها الله . خلقها تنزل ولا تصعد » .

وإذا سألته: لماذا تسقط التفاحة عن الشجرة إذا تقادم نضجها ؟ لماذا لا ترتفع في الفضاء ؟ استجنّك لهذا السؤال لأنه لا يرى سبباً لهذا الشيء المألوف عند جميع العقول منذ آدم إلى اليوم، وهو أن الأشياء تسقط إلى تحت ولا ترتفع إلى فوق من تلقاء نفسها أو إذا لم تقذف قذفاً بقوة، وأخيراً مصيرها أن تهبط إلى تحت . هذا أمر بديهي عنده كما أن طلوع الشمس صباح غد وموج البحر الخ كل هذا بديهيات عنده .

ولكن نيوتن لم يسلّم أن سقوط التفاحة شيء بديهي . بل قدّر له سبباً وجعل يفكر في السبب . وعبرت القرون على الكرة الأرضية والعقول حتى الفلسفية منها تعتقد أن سقوط التفاحة وانحدار الماء وغير ذلك من أشكال السقوط إنما هي أحداث طبيعية . أي

هي من عجايا الوجود . ولا سبب لها ولا تحتاج إلى برهان . فقال هذه بديهية .

لم يخطر لأحد أن يبحث عن هذا السر العجيب الغامض . ولكن نيوتن لم يقتنع بهذه البداهة . فرام أن يفهم لماذا سقطت التفاحة أمام نظره من تلقاء نفسها ولم ترتفع إلى فوق . ففكر كل حياته ومات وهو لم يفهم ذلك السر ، ولا فهمه أحد آخر إلى الآن ، وإنما خمنوه تخميناً . ولذلك اضطرّ العقل البشري أن يرضخ لحكمة الطبيعة الغامضة ويقول : ليس هناك سر . فما ذلك إلاّ إرادة الطبيعة . كذا أرادت الطبيعة وكذا يكون . واللاهوتي يقول : هناك يد الله تعمل .

على أن نيوتن إذا لم يعرف ذلك السر العميق المخفي فقد عرف بتفكيره البعيد الغور ناموس ذلك السر ومقتضياته . وحسبه هذه المعرفة وكفى

اكتشف أن لذلك السقوط سنة سرمدية نظامية رياضية. وظهر بعدئذٍ للعلماء أن جميع سنن الطبيعة رياضية كأن الطبيعة نفسها أستاذ رياضي ، أو بالأحرى إن الله تعالى الباريها عالم رياضي أعلى وقد برأ الكون كله على قواعد رياضية . وكذلك لسقوط الأجسام من أعلى إلى أسفل ناموس طبيعي رياضي . وهو ما جعل نيوتن يفكر ويبحث عن هذا الناموس .

٢ — اكتشاف نيوتن السر

ولما كان نيوتن قد علم من كتابات كوبرنيكس وبعض أسلافه من العلماء إن الأرض كرة تدور حول نفسها وتطوف حول الشمس في مدار (فلك) وأمسى أدرك أن الأجسام تسقط في اتجاه واحد نحو المركز فخمن أن في مركز الأرض قوة غير منظورة تجذب الأجسام نحو المركز .

لما رأى نيوتن أن التفاحة أو أية مادة أخرى أينما كانت فوق سطح الأرض تسقط سقوطاً حتمياً الى الارض ، أي انها تتجه حتماً الى مركز الأرض ، تنبه الى أن هذه القوة الجاذبة نحو المركز منتشرة في جميع الجهات بالتساوي . يؤيد ذلك ما علمه من ناموس الأجسام الساقطة الذي اكتشفه جاليليو [1] ان الجسم كلما تقدم نحو المركز كان أسرع هبوطاً .

(١) مات جاليليو يوم ولد نيوتن . وكأن عبقرية الفلك شرع يجري من علٍ التدريج ويتسلسل بقوة منذ عهد كوبرنيكس، فكبلر، فجاليليو ، فنيوتن الخ

(انظر تفسيره في الملحق الأول في آخر الكتاب)

وعلم نيوتن ورأى أن هذه القوة تشتد كلما قرب الجسم الساقط الى المركز . فهي إذن في أشدها عند المركز وأضعفها كلما ابتعدت عن المركز ، ولكن على أي حساب تقوى وتضعف ؟ أو ما هي قاعدة استقرارها وضعفها ؟

وكان طيخو براهي قد سجل لمدة سنين مدارات (أفلاك) السيارات التي كانت معروفة لعهده مستعيناً بالمقراب (التلسكوب) الذي اخترعه جاليليو . ثم جاء بعده كبلر ودرس أرصاد طيخو براهي هذه درساً دقيقاً . فلاحظ أن هذه السيارات لا تسير في الفضاء اعتباطاً بلا نظام ، بل هي تسير في دوائر على أبعاد مقررة من الشمس . وليست مداراتها مستديرة تمام الاستدارة بل هي اهليلجية الشكل قليلاً والشمس في أحد محترقي الاهليلج . ولاحظ أيضاً ان سرعاتها متناسبة وبالتالي مدات دورانها متناسبة أيضاً بالنسبة الى أبعادها عن الشمس . فاكتشف لحركاتها ثلاثة نواميس ثابتة لا تتغير .

١ — جميع أفلاك السيارات اهليلجية كثيراً أو قليلاً (الفلك هو المدار الذي يدور فيه السيار حول الشمس . والاهليلجي منه هو البيضي الشكل أي دائرة مستطيلة Oval) .

٢ — خط القوة Radius Sector في كل سيار يمسح في أوقات متساوية مساحات متساوية (خط القوة هو الخط الوهمي الممتد من مركز الشمس الى السيار يطول أو يقصر حسب ابتعاد السيار عن الشمس أو قربه منها في فلكه الاهليلجي)

٣ — نسبة مربع المدة التي يقضيها السيار الواحد الى مكعب بعده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيار آخر الى مكعب بعده (١) .

٣ — الناموس أو القانون

ثم جاء نيوتن فدرس ملاحظات كل من كوبرنيكس ، وجاليليو ، وطيخو براهي ، وكبلر درساً دقيقاً فاستنتج منها ناموس القوة التي تجذب الأجسام نحو المركز ، إذ ثبت له أن مركز الشمس يفعل في السيارات التي حولها كما يفعل مركز الأرض في القمر وفي الأجسام التي دليها . أما ما هي هذه القوة الفاعلة فلم يدر . وإنما درى ان هناك قوة ، وأن لها نظاماً

(١) ترى شرح هذا في الملحق الرابع

رياضيًّا ، فسماها جاذبية واستخرج نظامها الرياضي وهو الناموس الذي نحن بصدده :

ان القوة التي تجذب الاجرام أو الاجسام نحو المركز تنقص كربع البعد عن المركز .

مثال ذلك إذا كان الجرم المنجذب نحو المركز على بعد مقياس واحد (قل ميلاً أو فرسخاً أو ما شئت) يزن ٣٦ وزنة (وأحسب الوزنة رطلاً أو شيئًا أو ألف طن كما تشاء) فعلى بعد مقياسين يزن ٩ وعلى بعد ٣ مقاييس ٤ وعلى بعد ٤ مقاييس يزن ٢٫٢٥ وعلى بعد ٥ يزن ١٫٤٤ وهلم جرًّا .

هذا هو ناموس الجاذبية [1] الذي اكتشفه نيوتن ورأى انه يصدق على جميع حركات السيارات وأقمارها . فالسيارات كلها تدور من حول الشمس بحسب هذه السنّة . والقمر يدور من حول الأرض حسب هذه السنة أيضاً .

(وسنرى تتمة الناموس في الفصل الثالث)

وأخيراً رأى علماء الفلك الطبيعي Astrophysics ان جميع الاجرام أفراداً وجماعات تجري في الفضاء في أفلاك (مدارات) حول مراكز معينة حسب هذه السنّة أيضاً .

وفي يقين العلماء الآن ان سنة الجاذبية هي سنة تحرك الأكوان على الاطلاق .

٤ — سر الدوران

وهنا لا بدّ من أن يعترض القارىء اعتراضاً وجيهاً قائلاً : ان دوران القمر من حول الأرض ودوران الأرض وسائر السيارات من حول الشمس، ودوران مجموعات الأجرام من حول مراكزها، ودوران الأكوان العظمى من حول مركزها الواحد [2] — جميع هذه الدورانات ليست كسقوط التفاحة على الارض ولا كانحدار المياه من الأعالي الى الأسافل ولا كتساقط الشهب الى غير ذلك. تلك الأجرام تدور من حول مراكزها والتفاحة تهبط الى جهة المركز حيث تستقر على السطح الذي يحول دونها ودون المركز . فكيف يطبق ناموس سقوط الأجسام على

(١) انظر شرحه في الملحق الثالث في آخر الكتاب

(٢) الكون مجموعة مجرات كمجرتنا المسماة درب التبان وكلها تدور من حول مركز واحد . ويقدر ان عددها نحو مليوني مجرة .

دوران الأجرام في أفلاك — ليس بين نوعي الحركة المذكورين من تماثل أو تشابه ، حتى يصدق عليهما ناموس واحد [1] .

هذا هو الظاهر في الحقيقة ، ولكن لا بدّ له من تفسير يتضح منه أن نوعي الحركة المذكورين يخضعان لناموس واحد ، الأمر الذي انتبه له نيوتن جيّداً . وهو يدلك على تحوّ عقل هذا الذي لا تكفي لوصفه كلمة عبقري .

ان حركة الدوران حول المركز نتيجة فعل قوتين متعامدتين ، الأولى اندفاع الجرم في الفضاء بقوة خاصة (سنفرد لها نبذة خاصة بعد أن نفرغ من هذا التفسير الذي نحن بصدده — النبذة الخامسة التالية) . والثانية جذب المركز له بقوة جاذبية نيوتن — نسبها « جاذبية نيوتن » تمييزاً لها عن أية قوة أخرى محركة كما سيتضح فيما بعد .

لو كان الجرم يندفع في الفضاء بقوة واحدة فقط لكان يندفع في خط مستقيم هذا أمر بديهي إذا عنّت أن تعتقد في البداهة وإلاّ فعليك بالاختبار . وإذا كان لا يسير في خط مستقيم فلأي ناحية يميل وما الذي يميله ؟ — ليس له طريق طبيعي الاّ الطريق الذي يندفع فيه وهو الطريق المستقيم .

ولكن إذا طرأت عليه قوة أخرى في خط اندفاعه زادت سرعة اندفاعه في خط سيره . واذا طرأت عليه في خط معاكس لخط اندفاعه ردّته الى الوراء ان كانت أقوى من القوة التي دفعته أولاً ، أو اذا كانت أضعف ارتدّت هي ولكنها تنقص من سرعته بقدرها . ولكن اذا طرأت عليه قوة في خط معارض لخط اتجاهه حوّلت اتجاهه الى اتجاه آخر بين اتجاه القوتين معاً كما هو واضح في كتب الطبيعيات ويعلمه جميع طلبتها .

فاذا قذفت أية قذيفة في الفضاء بقوة يد أو قوة منجنيق أو قوة مدفع وكان الجو خالياً من الهواء الذي يقاومها ، وجب أن تنطلق في الفضاء في خط مستقيم الى ما لا نهاية له ، لولا أن قوة جاذبية الأرض تعترض خط اندفاع القذيفة فتسميله نحوها . وحينئذٍ تتجه القذيفة في خط ثالث هو نتيجة خطّي القوة المتعارضين وفقاً للقاعدة التي ذكرناها آنفاً .

(١) انظر الملحق الثاني . قانون السرعة الدورانية .

ولما كانت قوة الجاذبية نحو المركز أقوى ، فلا بدّ من أن تسير القذيفة الى مركز الأرض . فترى خط سيرها ينحني الى أن تسقط على سطح الأرض أخيراً . ولو كانت الأرض غازية لطيفة رقيقة المادة ، لانحدرت القذيفة الثقيلة الى مركز الأرض .

ما انحنت القذيفة في سيرها الاّ لأن قوة الجاذبية نحو مركز الأرض أقوى من القوة التي دفعتها إلى الفضاء .

لو كانت القوة التي دفعتها في الفضاء في خط أفقي فوق طبقة الهواء تستطيع أن تقذفها بسرعة ٤ أميال وتسعة أعشار الميل في الثانية ، لما سقطت هذه القذيفة الى الأرض بتاتاً ، بل لبقيت تدور حول الأرض كقمر صغير حولها الى أبد بعيد جدّاً ، لأن القوة التي دفعتها في تلك المنطقة حول مركز الأرض تعادل قوة جاذبية مركز الأرض لها [1] في تلك المنطقة . أي أن القوتين متعادلتين فتسير القذيفة في خط متوسط بين خطي القوتين وهو بينهما عند ٤٥ درجة لكل منهما كما هو معلوم للرياضي الطبيعي (انظر قانون المسارعة في الملحق الثاني)

٥ — القوتان المتعامدتان

وهنا يبدر الى ذهن القارىء هذا السؤال :

فهمنا ان القوة التي كانت تمتميل القذيفة نحو المركز بحيث تسير في خطّ منحنٍ هي قوة جاذبية مركز الأرض ، وكذلك هي نفس القوة التي تحني خطوط جميع السيارات من حول الشمس . فهمنا ذلك . ولكن ما هي القوة الأخرى التي قذفت بالقمر وبالسيارات أولاً فاندفعت في الفضاء ثم لاقتها قوة الجاذبية فاستمالتها وحنت خطوط اندفاعها ؟ .

هذا سؤال وجيه أيضاً . وله تفسير لا نقول إنه بسيط ، ولكن يمكننا ان نقول انه تفسير بديع .

هذا البحث يردنا الى : أولاً ، كيفية انبثاق السيارات من الشمس . وانبثاق القمر من الارض . بل يردنا ثانياً الى كيفية تكوّن الأجرام . وهذا نرجئه الى الفصلين الثامن والتاسع .

(١) البرهان في الملحق السادس في آخر الكتاب

وأما ابتداق السيارات والاقمار . فهو انتثار هذه الاجرام الصغيرة من أمهاتها بأسباب اختلف عليها فقهاء الفلك . ونحن نبدأ بأحدثها وأصوبها وهو ما شرحه العلامة الكبير السير تجايمس تجينز . ولا محل لشرحه هنا بالأسهاب وانما نشير الى محل النظرية .

وهو ان الأجرام تتجاذب فيما بينها بحكم سنّة الجاذبية . فاذا تقارب جرمان في سيرهما وهما في الحالة الغازية ارتفعت من سطوحهما أكوام بفعل الجذب كما ترتفع مياه البحر عندما بفعل جاذبية القمر ، فيحدث ذلك على الشاطىء جزراً ثم مداً بعد ابتعاد القمر . هذا نفس ما حدث للشمس حين اتفق اقترابها من جرم آخر . فكلاهما فعل في الآخر مثل ما يفعل القمر في بحار الأرض . والأكبر يفعل بالأصغر اكثر مما يفعل هذا به .

سُلّ ذلك الجرم من جرم الشمس كومةً عظيمة تفتتت بعد تباعد الجرمين — الشمس والجرم الآخر الاكبر — وكان الفتات هذه السيارات .

وعلى هذا النمط ولد القمر من الارض .

لذ بيان ميلاد السيارات والاقمار ليس الجواب المباشر لسؤال القارىء الآنف الذكر ، بل هو توطئة له

اذا كنت ملمّاً بشيء من علم الفلك ، فانك تعلم ان جرم الشمس ككل جرم يدور على محوره ، ويتم الدورة كل ٢٥ و ٢٤ يوماً تقريباً . واذا علمت ان محيط الشمس الاستوائي أي محيط منطقتها الوسطى ، نحو ٢٫٧١٥٫٧٤٣ ميلاً تقريباً علمت ان سرعة ذلك المحيط نحو ٩٣و٠ من الميل في الثانية . في حين ان سرعة محيط الارض أقل من ثلث ميل في الثانية .

وتدرك حينئذٍ ان الكتل التي تنتثر منها تنتقص بمثل هذه السرعة أو سرعة فائقة على كل حال . ولكنها تنقذف بنفس اتجاه الدورات . لانه معلوم طبيعيّاً بالملاحظة والاستقراء (وبالبديهة اذا شئت) ان للجسم يأخذ دائماً نفس حركة الجسم الذي انفصل عنه ونفس سرعته .

إن جميع الأجرام تدور كالشمس على محاورها في اتجاه واحد على الاطلاق . ثم إنها تسير دائرة من حول مركز عام لها في نفس ذلك الاتجاه ، كأنها موكبٌ حافل عظيم يطوف في الفضاء

من حول ذلك المركز العام بسبب سنّة الدوران أيضاً [1].

الجرم الذي مرّ بمقربة من الشمس أو هي مرّت بمقربة منه وهو أضخم منها جداً كان يجذب كتلة الشمس كما تقدم القول في نفس اتجاه دوران الشمس على محورها واتجاه مسيرها واتجاه سيره هو أيضاً في اتجاه واحد، فاتخذت تلك الكتل المنتثرة من الشمس بفعل ذلك الجرم الغليظ الذي كان والشمس يتقاربان وهما في اتجاه واحد أيضاً ولكن أحدهما أسرع من الآخر — اتخذت تلك الكتل اتجاهاً أفقياً بالنسبة إلى الشمس فكان ذلك الاتجاه هو الخط المعامد أو المعارض لخط قوة جاذبية الأرض.

ولما تباعد ذلك الجرم والشمس بقيت تلك الكتل السيارة تجري في الفضاء بعيدة عن سطح الشمس، ولكنها لم تستطع أن تنفرد في الفضاء لأن قوة جاذبية الشمس كانت لا تزال تكبحها وتمنع شرودها ولا سيما لأن ذلك الجرم شرع يفارقها وتناقصت قوة جذبه لها وضعفت جداً.

ولا يخفى عليك أن مثل ذلك حدث في الجرم الذي صعا على الشمس وارتفعت منه كتل. ولكنها لم ترتفع أكثر مما يرتفع الماء عندنا في حالة المد، لأنه أكبر من الشمس جداً، فلا تؤثر الشمس فيه أكثر مما يؤثر القمر على أرضنا.

وهنا ملاحظة أخرى لا بدّ من انتباه القارىء لها وهي أن الشمس كانت أكبر حجماً منها الآن، وكانت ألطف كثافة وكانت سرعة دورانها المحورية أشد. فالأجرام المنتثرة منها أخذت تلك السرعة القديمة.

ذلك هو مصدر « القوة الخاصة » التي أشرنا اليها في نبذة سالفة (٤) القوة التي كانت تدفع الكتلة المشتقة في خط معارض لخط جاذبية الشمس الذي كان يحنيه. هذه هي القوة التي تعاونت مع قوة جاذبية المركز في إلزام السيارات أن تدور حول الشمس.

فترى أن مصدر القوتين واحد. الجاذبية — جاذبيتان من جرمين مختلفين حجماً وسرعة تعاونتا في احراج جرم أن يدور حول مركز.

---

(١) بعض أقمار السيارات تدور في اتجاه مخالف للاتجاه العام. ولم الآن لم يعلل التكوين هذا الشذوذ تعليلا مقنعاً

ثم هناك نتيجة أخرى لانسلاخ كتل من جرم وبقائها تطوف من حوله كما حدث في انسلاخ السيارات من الشمس . وهذه النتيجة هي أن الكتلة المنسلخة من الجرم (الشمس مثلاً) تكتسب منها حركة الدوران على محورها . إذ هو معلوم أن جميع كتل الشمس في بدئها في تولدات دورانية عنيفة تتقلب ملتفة حول أنفسها . فاذا أفلتت من الشمس بقيت لها هذه الحركة الالتفافية . ولهذا ترى أن السيارات كلها تدور على محاورها ، حتى القمر الذي لا يرينا الا وجهاً واحداً منه يتم في الفضاء دورة واحدة على محوره كلما أتمّ دورة من حول الأرض، أي كل شهر قمري .

يكفي ما تقدم بياناً لتسبيب الجاذبية حركة الدوران من حول المركز ومن حول المحور. وقد ظهر منه بوضوح أن التفاحة الساقطة على سطح الأرض لم تدر حول الأرض كالسيار لانه ليس ثمة قوة أخرى معامدة لخط قوة الجاذبية كافية لكي تحرجها الى الدوران . وكذلك القذيفة التي قذفتها اليد أو البندقية أو المدفع، فانها سقطت أخيراً على سطح الأرض لأن القوة القاذفة لم تكن مكافئة لقوة الجاذبية لكي تمنحها حركة الدوران .

بقي بحث خطير الشأن في تعميم سنة الجاذبية على كل جرم وكل جماعة أجرام . وكل جزء من أجزاء الجرم وكل ذرّة من ذرّاته وذيراته . وسنفرد له فصلاً خاصّاً فيما يلي .

الفصل الثالث

شمول ناموس الجاذبية

١ — تجاذب الكتل

أشرنا فيما سبق الى أن ناموس الجاذبية الذي ذكرناه لنيوتن ليس إلاَّ إجمالاً للناموس فهو غير كامل كما ضبطه نيوتن . وقد أشرنا الى ذلك في نبذة ٣ من الفصل السابق . وقد ضبطه نيوتن هكذا : —

« كل ذرَّة من كل جرم تجذب كل ذرَّة من ذرَّات الجرم الآخر بنسبة مربع البعد بينهما بالقلب »: يعني أن الأرض والشمس تتجاذبان بحاصل ضرب عدد ذرَّات كل منهما بعدد ذرَّات الآخر بنسبة مربع البعد بينهما هكذا :

$$\text{الجاذبية} = \frac{\text{الارض} \times \text{الشمس}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$$ وبعبارة رمزية

$$ج = \frac{ض \times ش}{م^2}$$ باعتبار ان ج رمز الجاذبية وض رمز الارض وان ش رمز الشمس و م رمز المسافة

وستتضح هذه المعادلة البسيطة جيّداً في الملحق الثالث قسم ثان في آخر الكتاب .

ان تجاذب الاجرام هو بالحقيقة تجاذب ذرَّاتها من جرم الى جرم بنسبة مربع البعد بينهما. ولا يخفى عليك ان الثقل هو عبارة مرادفة للجذب . وبالتالي هو مقدار الجذب نفسه . فثقل القنطار مثلاً على الارض هو مقدار جذب ذرات الأرض لذرَّات القنطار بنسبة بُعد مركز الأرض . وإذا روعيت كتلة كل من القمر والأرض ونصف قطر كل منهما كان القنطار على سطح القمر يزن ٦ قناطير على الارض .

ومن حيث البعد عن المركز ترى ان الجسم يزن بالميزان الحلزوني على قمة الجبل أقل مما يزن على شاطىء البحر ، لأن هذا أقرب من ذاك الى مركز الأرض .

٢ — توازن الاجرام حول المركز

وهو معلوم في علم الطبيعيات ان الجسم مهما اختلف شكله الهندسي واختلفت كثافة كتلته ولطافتها فلابدَّ من أن يكون له مركز تتوازن جميع أجزائه من حوله. ويسمى هذا المركز

« مركز الثقل » . مثال ذلك : اذا كان عندك علبة مستطيلة من خشب وقد طوّقت بعض حدودها بالحديد ووضعت في جانب منها رصاصاً وملأت باقي فراغها بالورق والقطن فلابدّ أن تكون في ناحية منها نقطة تتوازن من حولها جميع أجزائها ومحتوياتها حتى اذا علقت بحبل في تلك النقطة المركزية كانت متوازنة فلا تميل الى جانب دون آخر . هذه النقطة المذكورة هي مركز الثقل .

والقمر والأرض باعتبار انهما جرمان متلازمان كجرم واحد ومتجاذبان ، فمركز الأرض يختلف باختلاف موقع القمر من الأرض . ويكون دائماً أقرب إلى ناحية القمر وأبعد عن المركز الأصلي لأنه هو المركز المشترك بينهما .

كذلك المركز المشترك للشمس وسياراتها يتغير كل دقيقة بحسب تغير مواقع السيارات من حولها لأنها وسياراتها تعتبر كجرم واحد وتشترك جميعاً بمركز ثقل واحد .

وإذا اتفق في دهر من الأدهار ان جميع السيارات كانت في خط واحد من ناحية واحدة من نواحي الشمس أصبح مركز الثقل في الشمس أبعد عن مركزها الأصلي عدة أميال . ثم يعود فيقترب إلى المركز الأصلي تدريجيًا كلما تشتتت السيارات من حول الشمس . وفي نفس ذلك الوقت تتغير مراكز السيارات أنفسها أيضاً حسب نسبة مواقعها بعضها إلى بعض وإلى الشمس .

٣ — تعامل القوى الجاذبة

وتقارب السيارات بعضها من بعض يقوي التجاذب بينها وقد يقاوم جاذبية الشمس مقاومة زهيدة ، فتتغير سرعتها بسبب هذا التجاذب كما لاحظ الفلكيون ذلك جيداً

ولهذا السبب كان السيار أورانوس في بعض الأزمان يختلف ميقاته وتختلف ايضاً سمة فلكه (أي مداره) وموضعه . فدرس هذا الاختلاف بعض الفلكيين وبينهم ليموني درساً دقيقاً طويلاً الى ان قرّر هذا ان هناك سياراً آخر يؤثر عليه فضلاً عن تأثير زحل جاره . وما لبثت المراصد ان اكتشفت السيار نبتون بحسب نبوءات ليموني وزملائه .

ومثل هذا السبب وهذه الملاحظات الرصدية حُكِم بوجود السيار بلوتو الاخير ثم أكتُشف كما تُنُبِّئ به وكان المتنبئون يعوّلون في تنبؤاتهم على تأثير الجاذبية في الاجرام المتقاربة والمتباعدة . وحساباتهم الدقيقة كانت تكشف ليس عن مواقع السيار المتنبَّأ به فقط بل عن بعض خواصه أيضاً كمقدار كتلته وحجمه وكثافته الخ .

وحاصل القول ان اكتشاف نبوتن لناموس الجاذبية مهّد الطريق لاكتشافات علمية عديدة فلكية وغير فلكية . وأثبت ان كل حركة في الكون انما هي تتبع بقوة الجاذبية .

الجاذبية قوة القوى . القوة القصوى .

الفصل الرابع

مصدر القوى

١ — ظاهرات الجاذبية

الجاذبية مصدر كل قوة في الوجود على الاطلاق . ولايضاح ذلك نشرح ظاهرات القوى العاملة على الارض .

نأخذ أبسط هذه الظاهرات أولاً .

أقدم ما عرفنا من الآلات لاستخدام المياه المنحدرة المطاحن أو الطواحين المائية التي يُدار فيها حجر الرحى بقوة المياه المنحدرة من علٍ في شبه بئر يجري اليها الماء ثم يندفع من كوّة في أسفلها بزخم شديد مساوٍ لارتفاع البئر أي عمقها . فتصدم المياه أضلاع دولاب موضوع وضعاً دقيقاً ومحوره متصل في غرفة الطحن بحجر الرحى فوقه . فيدور هذا الدولاب ويدور به حجر الرحى على حجر آخر ثابت ويرسل القمح من ثقب كبير في الحجر الأعلى الى ما بين الحجرين فتسحق الحنطة بينهما

أما الدولاب الذي نحن بصدده فهو قرمة غليظة من الخشب مستديرة غرزت في محيطها الاضلاع التي أشرنا اليها آنفاً على أبعاد متساوية متقاربة وعرضها مائل نحو ٣٠ درجة على الأفق والمحور العمودي المار بالقرمة والمثبت فيها مركّز على حفرة صغيرة مستديرة مقعرة لكي يدور عليها ، حتى اذا تدفقت المياه على الضلع الواحدة دفعتها فملت محلها الضلع التي وراءها فيدفعها الماء فتأتي التي وراءها الى محلها . وهكذا دواليك فيدور الدولاب ويدور به حجر الرحى .

هذه أقدم عملية آلية تتحرك بقوة اندفاع الماء . ولا نعلم متى اخترعت ، ولا من اخترعها وكيف تنبه لها القدماء وأدركوا أن للمياه المنحدرة قوة يمكن استخدامها والانتفاع بها .

على نفس هذا المبدأ تستخدم الآن المياه المنحدرة لادارة الدّينَمو لتوليد الكهرباء . وأغلب الظن أن أول ما استعملت المياه المنحدرة لهذا الغرض بقوة كبيرة كان في هلالات نياغرا

في أميركا حيث توفد قوة نصف مليون حصان . والآن قد شاع هذا النمط لتوليد القوة في كل بلد في أميركا وأوربا حتى في لبنان أيضاً .

فكأن قوة الماء المنحدرة قد تحولت إلى قوة كهربائية كما لا يخفى . وهذه القوة تمتاز على القوة المائية بامكان نقلها إلى مسافات بعيدة بواسطة الأسلاك ، وامكان توزيعها بمقادير مختلفة حسب مشيئة الانسان ، واستعمالها لادارة الآلات المختلفة الأغراض ، وتحويلها إلى نور وحرارة وإلى أمواج كهربيسية كأمواج الراديو مثلاً وإلى أغراض أخرى عديدة

فمن أين هذه القوة التي في المياه المنحدرة وقد أدارت حجر الرحى والدينمو (المحرك الكهربائي).

هي ثقل الماء الهابط . والثقل معادل للكتلة الهابطة . وسبب الثقل هو جذب كتلة الأرض للماء نحو مركزها . الماء هابط بفعل الجاذبية . إذن فالذي يدير الرحى هو الجاذبية . والذي يدير الدينمو هي ، أيضاً بفعل الماء الهابط ، الجاذبية .

ومن أين جاءت المياه المنحدرة .

من المطر الذي يسقط من الجو ويتغلغل في أتربة الجبال وشقوق صخورها ، والثلج الذي يهبط من الجو في الشتاء ثم يذوب في الصيف وينحدر بفعل الجاذبية .

ومن أين ماء المطر والثلج ؟

من بخار الماء الذي كان أخف من الهواء فتصاعد في الجو ثم برد هواء الجو فتقلص وانعصر ماء البخار منه فهبط مطراً أو ثلجاً . فالبخار كان وهو يتصاعد يعاكس فعل الجاذبية ، لأن الهواء أثقل منه فيرسب . فلما برد ثقل وهبط فكأنه كان بصعوده يختزن قوة الجاذبية . فلما هبط ردّ قوة الجاذبية التي كان يختزنها .

وما الذي بخّر الماء ؟

حرارة الشمس . فكأنها فعلت فعلاً مضاداً لفعل الجاذبية الأرضية وخزنت بالبخار هذه القوة . وسترى ان الحرارة فعل جاذبي أيضاً .

قد يقول القارىء هناك دينمو يدور بقوة الآلة البخارية . وحجر الرحى يمكن أن يدور بقوة البخار . وكثير من الآلات تدور بها أيضاً . فمن أين قوة البخار هذه التي تدير الآلات ؟

هو معلوم ان قوة الآلة البخارية ناتجة من تمدد البخار المائي . وهذا التمدد ناجم عن الحرارة التي تبعد الذرات بعضها عن بعض والصادرة من إحراق الفحم والحطب والبترول أو أي شيء يحترق . والحرارة حركة نشطت من الاشعاع الشمسي والحركة حاملة قوة . فالحرارة إذن قوة أيضاً .

ومن أين جاءت الحرارة للفحم حين كان يحترق مع إنه كان بارداً قبل الاحتراق .

كان الفحم وسواه نباتاً في الأصل والنبات نبت وما بفعل حرارة الشمس ونورها . فبينما هو ينمو كانت الحرارة تخزن فيه ، أي الحركة كمنت . فلما أحرق اتحد الأكسجين مع ذرات الفحم وغيره مما يحترق . وأثار الحركة ثانية بصورة حرارة . فالحرارة قوة أيضاً .

ومن أين حرارة الشمس ؟ .

حرارة الشمس ونورها أيضاً هكذان لإشعاع واحد يسمى شعاعاً كهرطيسيًّا ، أي كهربائيًّا مغنطيسيًّا . وهو تموج من صنف تموج الراديو — كهرطيسي .

وما هو مصدر التموج الكهرطيسي ؟ .

٢ — تركب الذرة

هنا نرانا مضطرين أن نأتي باختصار وبكل بساطة على تركيب الذرة ، أي الجوهر الفرد Atom لكي نتأثر مصدر الكهرطيسية . وهو بحث طويل جدًّا يستغرق مجلداً فننوه به تنويهاً باختصار كلي .

الجوهر الفرد هو الجزء الأول للمادة لانه لا يتجزأ كيمويًّا . ولكن العلماء رأوا أخيراً أنه يتجزأ كهربائيًّا . هو الجزء الذي تتألف منه أجسام المادة من حجر وماء وشعر ولحم والى ما لا يحصى مما يرى من أشكال المادة . والجواهر الفردة أي الذرات ٩٢ صنفاً كيماويًّا تختلف باختلاف أعداد العنصرين أي الذريرتين اللتين تتألف منهما الذرة (الجوهر الفرد) وهما الأوّيّل (البروتون) والكهيرب (الالكترون) .

نواة الذرة تؤلف من بروتونات مفردة في الهيدروجين ومتعددة في ما سواه الى أن تبلغ ٩٢ بروتوناً في الأورانيوم جد الراديوم يصحبها ١٤٦ نيوتروناً . والكل بروتون

كهيرب يقطعه دائراً حول النواة في وقت كالسنة حول الشمس . والقوة التي تدير هذه الكهيربات من حول نفسها أولاً ثم من حول النواة في أفلاك ثانياً ، هي نفس قوة الجاذبية التي تدير الأرض حول محورها ثم حول الشمس .

دورانات النواة والكهيربات على محاورها ودورانات الكهيربات من حول النواة كلها في اتجاه واحد كدورانات السيارات حول الشمس .

فالذرة صغيرة كالهيدروجين أو عظيمة كالأورانيوم تعتبر نظاماً جاذبيًّا قائماً بذاته كالنظام الشمسي تماماً .

وهنا أخيلك تتعمق في التساؤل عن أصل هذه القوة العظمى ، أم القوى ، أو عن مصدرها الأول — ما هو مصدر هذه القوة ؟

— إذن يجب أن تتعمق في البحث عن أصل المادة — الهيولى . فاليك البيان .

٣ — الهيولى

الهيولى ، أي ذرات المادة (الذرات الأصلية الأولى) هي أدق الذرات . هي أصغر من الكهيرب . إن ١٨٤٠ كهيرباً تساوي بروتوناً . والكهيرب إذا طبق على البروتون انحلاً بلمعة شعاع الى فوتونات أي شريكات .

ينحل الكهيرب الى عشرة آلاف فوتون . فالبروتون اذن ينحل الى ١٨٤٠٠٠٠٠ فوتون والفوتون هو أدق أجزاء المادة . الى الآن لم يعرف إن كان الفوتون مؤلفاً من أجزاء أدق . يعتبر الآن هو للمادة الأولى — للهيولى .

وجدت الهيولى او الفوتونات ، أو خلقها الخالق ، ولها ثلاث سجايا أو طباع أو خواص :

١ — خاصية الامتداد الثلاثي : الطول والعرض والسُّمك .

٢ — متحركة : تتحرك حركة دورانية على نفسها . دورة محورية . وجميعها في اتجاه واحد .

٣ — متجاذبة — يجذب بعضها بعضاً الأقرب فالأقرب . والأقرب أقوى من الآخر الأبعد بالنسبة لواحد آخر بينهما

هذه خواص ذريرات المادة الأولى

اذا لم تكن لها هذه الخواص الثلاث ولا سيما الأولى فاذا تكون ؟ اذا لم تكن ذات امتداد فهي عدم وليس للعدم نفسه وجود . إن الذي أوجد المكان أوجد المادة فيه . ولولا وجودها لما كان للمكان وجود . تصور الفضاء خالياً من المادة فهل تستطيع أن تتصور وجوداً . ينعدم المكان بانعدام المادة التي تشغله [1]

واذا لم تكن متحركة فما هي موجودة أيضاً . تصور أجزاء المادة أو ذراتها أو ذيراتها أو فوتوناتها أو جموعاتها ثابتة غير متحركة . تصورها هكذا . فما الفرق بينها وبين العدم وكيف نحس بوجودها . بل قل لي كيف تتصور العدم . كيف تتصوره غير هذا الجمود المطلق . واذا لم تكن ثمت حركة فكيف يكون ثمت زمان . الزمان مقياس الحركة .

واذا لم تكن متجاذبة فكيف تتجمع في كتل وأجرام الخ . تصورها غير متجاذبة . تبقى ساكنة في أماكنها وحينئذٍ تكون كالعدم أيضاً .

نذهب الى أن لذيرات المادة الأولى هذه الخواص الثلاث الرئيسية ، لأن علماء الفلك الطبيعي والرياضي تحققوا ان لجميع الأجرام دورانات محورية في اتجاه واحد وان مجموعات الأجرام تدور من حول مراكز لها في اتجاهٍ واحد أيضاً .

وكذلك علماء الجوهر الفرد — أي الذرة — لاحظوا ان ذيراتها الكهيربات (الكترونات) والبروتونات تدور على محاورها وتلك تدور حول هذه في اتجاه واحد أيضاً . ودورانها خاضع لسنة الجاذبية تمام الخضوع .

فمن هذه الملاحظات نستنتج ان جميع أجزاء المادة وجماعاتها من ذيرات وذرات وكتل وأجرام وجماعات أجرام سائرة في هذا الفضاء العظيم مواكب مختلفة ومرعات مختلفة بحسب البعد عن المركز . ولكنها كلها في اتجاه واحد . والعامل الوحيد في هذا السير هو الجاذبية . الجاذبية بين الذيرات وبين الذرات وبين جماعات الذرات وكتلها الخ [2] . . .

وأخيراً لك أن تقول ان كل حركة في هذا الكون الأعظم هي نتيجة قوة الجاذبية .

---

(١) تجد في كتابنا « هندسة الكون — الفسيحة » فصلا ضافياً بهذا المعنى تحت عنوان « الزمكان » (الزمان المكان)

(٢) تجد بحثاً في جاذبية ذيرات الذرة في كتابنا « علم الذرة » الذي سيصدر قريباً ان شاء الله

٤ — ناموس السرعة

فهمت مما تقدم ان الجاذبيـة قوة ، والقوة تحدث حركة . وللجسم المتحرك سرعة بحدة معينة . فمقدار السـرعة اذن من فعل الجاذبية . وله ناموس يشتق من ناموس الجاذبية نفسه .

وقد علمت ان قوة الجذب تنقص كمربع البعد عن المركز ، وكذلك مقدار السرعة ينقص بنسبة البعد عنه على هذه القاعدة : وهي نسبة مربع سرعة الجرم الواحد في الثانية الى مربع سرعة الجرم الآخر كنسبة بُعد الآخر الى بُعد الاول . وبعبارة رياضية أخرى أبسط .

مربع مقدار سرعة الواحد مضروب في مسافة بُعده عن المركز تساوي مربع مقدار سرعة الآخر مضروبة في مسافة بُعده عن الآخر .

وقبل التمثيل على هذا القانون نلفت نظر القارىء الى اصطلاح العلماء على الأفيـة في النظام الشمسي . فقد اتفقوا على جعل بُعد الارض عن الشمس أي طول المسافة بينهما مقياساً للابعاد أو المسافات الفلكية فحسبوه متراً فلكيًّا واحداً (مع انه ٩٣ مليون ميل او ١٤٩٫٤٥ مليون كيلومتر) والأفضل ان نسميه « المقياس الفلكي » .

فاذا قلنا ان نصف قطر فلك المشتري ٥٫٢ مقياس فلكي عنينا ان متوسط بُعد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُشران كبُعد الارض .

(وكذلك سموا السنة الأرضية مقياساً زمنيًّا لدوران السيارات حول الشمس)

فبناء على قانون السـرعة المشار اليه إذا كانت سرعة الأرض في فلكها ١٨½ ميل بالثانية فيجب أن تكون سرعة المشتري ٨٫١ ميل في الثانية ، لأننا إذا طبقنا هذه القاعدة على هذه النسبة كان لنا .

مربع سرعة الأرض (١٨½)^{٢} × بعدها بالمقياس الفلكي وهو واحد = مربع سرعة المشتري (٨٫١)^{٢} × (٥٫٢) بعده عن الشمس هكذا (١٨½)^{٢} × ١ = (٨٫١)^{٢} × ٥٫٢ امتحن ذلك .

(لبرهنة القانون انظر الملحق الخامس بآخر الكتاب) .

الفصل الخامس

سر التجاذب

---

١ — نظرية الأثير

أول عقبة قامت أمام نظرية الجاذبية هي الإجابة على السؤال الآتي : ما هي الوسيلة التي تنتقل عليها أوفيها أو بها هذه القوة من ذرة الى ذرة ومن جرم الى جرم ؟ — لانه إذا كانت الذرات كالأجرام تدور بعضها حول بعض بفعل قوة الجاذبية فاذاً بينها فراغ تحيط به أفلاك (مدارات) فكيف تعبر تلك القوة هذه المدارات . وباصطلاح العلماء كيف يمكن أن يكون الفعل عن بُعد — عن مسافة ؟

تشاهد هذا الفعل السري أو التغامض إذا كنت تدني مسماراً مثلاً الى لضوة مغنطيس. فترى ان المغنطيس لجتذب المسمار قبل أن تقربه اليه وبينهما في نظرنا فراغ ، فما في هذا الفراغ من الواسطة أو الوسط لنقل هذه القوة من المغنطيس الى المسمار ، ومن الأرض الى القمر ومن الشمس الى سياراتها ؟

مثل هذه العقبة السرية المحيرة قامت في سبيل انتقال نور الشمس وحرارتها الى الأرض — أو انتقالهما على الاطلاق — أيضاً .

أما من حيث انتقال النور والحرارة معه فقد زعم نيوتن أن النور ذريرات Corpuscles تنطلق من الجسم المنير بسرعة ١٩٠ ألف ميل في الثانية (والسرعة التي تقررت أخيراً ١٨٦ ألف ميل) ولكن رئي أن النور يسير أمواجاً ، فقالوا إن الزعم الأصح ان تفرض مادة خفيفة جداً جداً مالئة الفضاء ، سموها ايثراً ، وان النور حركة صادرة من الجسم المنير تصدر أمواجاً في هذا الفضاء الأثيري . ولا يزال فرض الأثير بين الشك واليقين إلى اليوم . ولكن بعض أساطين العلماء مثل تجيتز ولودج وغيرهما يرجحونه وايلشطين لا ينقضه ، ولكن يقول إن نظريته النسبية تستغني عنه .

هذا من جهة انتقال النور، وأما من جهة انتقال الحرارة فهي ضلع من النور مصاحبة له.

وأما من جهة انتقال قوة الجاذبية فلم يقل نيوتن شيئاً بل لم يقل كيف يحدث التجاذب عن بعد بتاتاً. فبقي هذا سرّاً غامضاً الى اليوم.

على ان اينشتين المغرم بنظرية « الزمكان » (اندماج الزمان بالمكان) ينسب للفعل الجاذبي زماناً. وبهذه النسبة تصبح جاذبية نيوتن. فاذا كانت قوة الجاذبية تستغرق وقتاً في انتقالها فهي اذن كالنور تموج ايثري، أي أن حركات ذرات الجسم الجاذب تحدث أمواجاً جاذبية في الأثير، فتصدم الجسم المجذوب وتحدث فيه حركة الدورانين: الدوران المحوري والدوران المركزي، من حول المركز.

٢ — لغز الجاذبية

اكتشف نيوتن ناموس الجاذبية وطبقه على جميع السيارات حتى على جميع الأجرام المتحركة. ولكنه لم يقل لنا ما هي الجاذبية أو ما هو سرها. أو بعبارة أصح ما هو سبب دوران السيارات حول الشمس بسرعات متناسبة مع أبعادها عن الشمس.

وما زال العلماء حتى اليوم حيارى في هذا السر، حتى اذا كلّوا عن فهمه قالوا لماذا نحسب الجاذبية سرّاً. لماذا لا نحسبها طبيعة في المادة؟ لماذا لا نقول إن المادة مخلوقة يجذب بعضها بعضاً؟ فلا سر هناك. وانما نحن اختلقنا لها سرّاً وجعلناه مجهولاً أو مستحيل التفسير، في حين أن المسألة بسيطة لا تحتاج الى إعمال فكر. الجاذبية صفة من صفات المادة كما ان الآلفة الكيميائية صفة من صفات الذرات، والتبلّر صفة من صفات الجزيئات Molecules والدوبان صفة أخرى وهلمّ جرّا. (والحقيقة ان لهذه جميعاً أسباباً طبيعية ليس هنا محل بيانها)

ولكن لو كانت الجاذبية تجاذباً فقط بين جسمين لاكتفينا بتفسيرها بأنها خاصية من خاصيات المادة، ولكنها ليست مجرد تجاذب فقط، بل هي مع ذلك دوران جسم حول مركز بسرعة مقيدة ببعد الجسم عن المركز. هذه أهم ظاهرة من ظواهر الجاذبية. وغرضنا هنا كشف هذا السر في صميمه إن أمكن.

٣ — هذا الجاذبية

إذا حللنا ظاهرة الجاذبية رأيناها تنحل ظاهرتين: الأولى التجاذب بين جسمين

في خط مستقيم الى ان يتصل احدهما بالآخر كتجاذب المغنطيس والحديد وسقوط التفاحة من الشجرة الى الأرض .

الظاهرة الثانية دوران جرم صغير حول جرم كبير كدوران القمر من حول الأرض ، أو دوران الأرض وسائر السيارات من حول الشمس ، أو دوران جرمين غير متفاوتين بالحجم والكثافة المادية Mass كثيراً ، حول مركز التجاذب بينهما ، كدوران فرعي النجم المزدوج Binary star المتباعدين حول نقطة التجاذب بينهما .

في الظاهرة الثانية يدور الجرم الدائر حول المركز بسرعة متناسبة لبعده عن المركز . وهذه النسبة بين السرعة والبعد ، خاضعة لناموس الجاذبية كما تقدم بيانه في الفصل السابق، حتى اذا اختلت نسبة السرعة هذه سقط الجرم الى المركز ان كان أبطأ أو شرد عنه ان كان أسرع من القدر القانوني (راجع نبذة ٤ من الفصل الثاني) .

فيظهر مما تقدم، أولاً : أن الجرم الدائر (كالقمر من حول الارض أو الأرض من حول الشمس) واقع تحت سلطة قوتين [1] القوة الواحدة تسوقه في خط سيره المستقيم ، والقوة الأخرى تستميله نحو المركز فتجعل خط سيره منحنياً في دائرة حول المركز . ولاننا نرى جميع الأجرام، سيارات وغير سيارات، تدور من حول مراكز خاصة بكل منها، وما من جرم شارد عن مركز ولا جرم هابط الى مركز — نفهم من هذا ان القوتين المسيطرتين على الظاهرتين اللتين نحن بصددهما متكافئتان ، أو انهما متعاضدتان ، أو انهما صادرتان من مصدر واحد [1] .

ويظهر أن الجاذبية تشتمل على حالتين من الحركة أو بالاحرى على قوتين متعامدتين تنتجان حركتين متعامدتين أيضاً : حركة الجذب نحو المركز وحركة الشرود عنه . والحاصل من تسلطهما على جرم واحد هو الدوران حول المركز — لا اقتراب ولا شرود . أي ان هذه الحالة تحول دون هبوطه كما ان تلك تحول دون شروده وهما : —

١ — قوة الانجذاب نحو المركز Centripetal Force

٢ — قوة الابتعاد عن المركز Centrifugal Force فلنبحث في كل منهما بحثاً تحليلياً .

(١) راجع نبذة ٥ من الفصل الثاني

الفصل السادس

الجاذبية والدافعية

١ — قوة الانجذاب نحو المركز

نبتدىء من مذهب ان التجاذب بين الذرات خاصة من خواص المادة (كما سبق هذا القول في نبذة ٣ فصل ٤) او طبيعة من طبائعها . أي ان المادة كذلك خلقت ، ذرات يجذب بعضها بعضاً ، أو اذا شئت فقل إن من طبيعة الذرات أن تقترب كل واحدة الى أقرب ذرة اليها من غير دافع خارجي عنها يدفع كلاً منهما الى الاخرى ، الاّ اذا طرأت عليهما قوة تفرّق بينهما فتتباعدان مرغمتين ، كما لو مرت ذرة ثالثة في نقطة أقرب الى احدى الاثنتين فتتجاذب هاتان دون تلك . وحاصل القول ان الذرة لا تستطيع العزلة أو الانفراد .

وقد قلنا إن هذه هي طبيعة كل ذرة في الكون — فالبروتونات الأويلات والكهارب والفوتونات الضُّوَيْئات والكتل المتجمعة منها والأجرام — كلها خاضعة لحكم هذا التجاذب . فاذا تصورنا جميع الذرات التي تألفت منها الأجرام منفرطة العقود ومشتتة في الفضاء المطلق ، فهل يكون غريباً عن تعقلنا أو عجيباً لاذهاننا ان يتقارب بعضها الى بعض .

قد نتساءل عما تتقارب ؟

هب انها لم تتقارب بل بقيت مبعثرة أفلا يخطر لك أن تسأل لماذا هي مبعثرة هكذا ؟ لماذا لا تتجمع . فتجمعها ليس أدعى للاستغراب من تشتتها . وربما كان العقل يرتاح الى تقاربها أكثر منه الى بقائها مشتتة .

٢ — سر التقارب

لنفرض أن تقارب الذرات بعضها الى بعض (كما هو الواقع) أو ثباتها في أماكنها من غير تقارب ، سيان عند العقل المنطقي ، أو أن لهذا التقارب سبباً مجهلا ، أو أن هناك قوة أجنبية عن المادة تحدثه (قوة الله) ، على أن هذا التقارب حادث فعلاً . وما دمنا

لا نكتشف له سبباً فنعده خاصة من خواص المادة (الله خلقها بهذه الطبيعة) ولنسمّه نزعة مادية . أي أن كل جسم مادي ، ذرة أو مجموعة ذرات ، ميّال أو نزوع الى الاقتراب لأقرب جسم آخر اليه . فمن هذه النزعة نبتدىء في تفسير سر الجاذبية .

بالبديهة نعلم أن كل ذرتين متعادلتين كتلة تتقاربان في المكان والزمان بالتساوي . أي أن كلاً منهما تقترب الى الأخرى مسافة واحدة في مدة واحدة ، كقولك مثلاً إن كلاً منهما تدنو نحو الأخرى سنتيمتراً في ثانية واحدة . فاذا تفاوت الجسمان في عدد الذرات كان تقارب كل منهما يجري على هذه القاعدة البديهية ، أي أن اقتراب الجسم الواحد الى الآخر يكون بقدر ما في الآخر من الذرات بالنسبة الى ما في الأول منهما .

لنفرض ذرة واحدة تبعد ١١ سنتيمتراً عن مجموعة تحتوي على عشر ذرات ، حينئذ نتصور الذرة المفردة ميّالة للاقتراب الى كل ذرة من الذرات العشر سنتيمتراً واحداً ، كما ان كل ذرة من الذرات العشر ميّالة للاقتراب اليها . فاذاً كلما اقتربت الذرات العشر سنتيمتراً واحداً كان على الذرة المفردة أن تقترب اليها في نفس الوقت عشر سنتيمترات لكي توفي كلاً من العشر حقها من التقارب .

على هذا النحو : مجموعة ذات ٥ ذرات تقابل مجموعة ذات ٣٠ ذرة وبينهما ١٤ سنتيمتراً تقترب تلك ٦ سنتيمترات كلما اقتربت هذه سنتيمتراً واحداً . وفي آخر الثانية الثانية تلتقيان عند السنتيمتر الثاني عشر لأن ٥ × ٦ × ٢ = ٣٠ × ١ × ٢

وهذا يطابق الضلع الأول من قانون الجاذبية الذي اكتشفه نيوتن وهو ان الجاذبية هي حاصل ضرب كتلة الجرم الواحد بكتلة الجرم الآخر (والمراد بالكتلة مجموع عدد الذرات) ولكن الجاذبية ليست هذا الضلع وحده بل هي نسبة هذا الى ضلع آخر وهو مربع المسافة بين الجرمين ، وهذا يؤيد نبذة (١) من الفصل الثالث .

والضلع الثاني أهم من الاول وفيه معظم السر .

لو اقتصرت الجاذبية على الضلع الاول ، أي تقارب الذرات ومجموعات الذرات بعضها الى بعض ، لالتصقت جميع ذرات الكون وجميع أجرامه وسُدُمه بعضها على بعض بحيث لا يبقى أقل فراغ بينها ، وكان ضغطها بعضها على بعض في شدة لا يتصورها عقل . ولكن الضلع

الثاني يتدارك هذه الكارثة الكونية ويجعل للكون أنظمته التي نعلمها .

الضلع الاول يسمى القوة الجاذبة الى المركز وقد انتهينا منه . والضلع الثاني يسمى القوة الدافعة عن المركز وهو الذي نعلله فيما يلي :

٣ — قوة الابتعاد عن المركز

قلنا آنفاً إن من خواص المادة تقارب الذرات أو بالاصطلاح العلمي تجاذبها . وبالتالي تجاذب الذرات وتجاذب مجموعاتها وأجزائها وسُدُمها . وهنا نقول : ان من خواصها أيضاً الدوران المحوري Rotation أي ان كل ذرة وكل جسم (مجموعة ذرات) مستقل في حيزه يدور على نفسه — على محوره — هذه ظاهرة طبيعية عامة مشاهدة في الكون — الشمس والأرض والسيارات والأقمار كلها تدور على محاورها. كذلك النجوم ومجموعات النجوم والمجرة والسدُم تدور على محاورها ، حتى أدق أجزاء المادة — الفوتون الضوئية والكهيرب والذرة المؤلفة منها تدور على محاورها . فكأن المادة مخلوقة ولها هذه الخاصة — خاصة الدوران .

ولكن هذا الدوران المحوري ليس النوع الوحيد بل هناك دوران آخر هو الدوران المركزي Revolution أي الدوران حول مركز عن بُعد . كدوران الأرض والسيارات من حول الشمس فضلاً عن دورانها على محاورها. والدوران الأول هو سبب الدوران الثاني، وهو أيضاً سبب القوة الدافعة عن المركز ضد القوة الجاذبة الى المركز .

وهنا لا بدَّ أن يسأل القارىء كيف يكون ذلك ؟ وكيف يمكن أن يؤثر دوران جرم مركزي كالشمس في جرم آخر كالأرض على بعد سحيق بينهما ، بحيث يجعلها تدور من حول الشمس بسرعة مقرَّرة لا تتعداها، ولا تقصر منها لتتم الدورة في سنة كاملة ؟ فما هي واسطة الاتصال التي تنتقل بها القوة من الجرم المركزي الدائر على نفسه الى الجرم البعيد عنه لكي تضطره أن يدور حوله ، فلا تتركه يهبط الى المركز ولا تدعه يشرد عنه ؟

هنا تنبري وظيفة الاثير الى الميدان لحلّ اللغز . وهنا تتضح علاقة الجاذبية بالاثير . وهنا يتضح الدور الذي يلعبه الاثير في الضلع الثاني من الجاذبية ، واليك البيان :

تصوَّر الشمس ، مثلاً ، وهي تدور على محورها مع ما فيها من قوى وطاقات وأفلاك ،

وتصوّر ما فيها من ذرّات وجزيئات تدور على نفسها وكهيرمات تدور حول بروتونات. وكل ذرّة تصدر سلسلة تشعّعات Radiations — تصور جميع هذه تصادم البحر الايثري مصادمات متساوقة متتابعة في اتجاه واحد لأن دوراناتها متجهة اتجاهاً واحداً — تصوّر هذه المصادمات محدثة أمواجاً مسوقة في اتجاه تلك الدورانات المحورية، وهي تنتشر بشكل حلزوني. وكلما ابتعدت الموجة تحدّدت دوائر الشكل الحلزوني وضعفت قوته حسب قانون الانتشار، ورقت الموجة أي قصر عرضها بين الارتفاع والهبوط، ولكن الموجة لا تزال تسرع مبتعدة عن المركز بالسرعة التي صدرت بها لأن السرعة تتوقف على دقة ذرات الوسط المتموّج (الايثر) وعلى كثافته. وهنا نقف القارىء يسأل: لماذا تنتشر التموجات بشكل حلزوني.

٤ — الدوران الحلزوني

يمكنك أن ترى شبهاً لهذه الحركة الحلزونية إذا ملأت «طستاً» واسعاً ماء ووضعت في وسط المسافة بين مركزه ومحيطه فلينة. ثم وضعت أصبعك في المركز وحرّكته حركة دحوية حول المركز. وإذا جعلت بدل أصبعك خشبة بعرض سنتيمترين أو ثلاثة سنتيمترات وحركتها سنتيمتر واحد وطفقت تديرها بسرعة ترى الموج يتولد من هذه الحركة بالشكل الحلزوني، ولا تلبث أن ترى الفلينة سائرة ببطء حول المركز في اتجاه الدوران الذي أنت محدثه. وإذا لم تر دوران الفلينة منتظماً فلأن الموجات ترتد من محيط الطست مفسدة نظام الموجات الواردة من المركز والمصدومة بها.

تصور هذه الأمواج الحلزونية صادرة، ليس من دوران الشمس على محورها فقط، بل من بلايين الذرات التي تتألف الشمس منها، وهي تدور على نفسها بنفس اتجاه الدوران الشمسي. فهذه البلايين من الأمواج المنتشرة بشكل حلزوني من المركز الى اللانهاية هي ما يسمى «الجوّ الجاذبي».

والآن لكي تفهم هذه الصورة التالية جيداً تصوّر الشمس وهي تدور على محورها وتصوّر قواتها الذرية التي لا تحصى تصدم الايثر صدمات عرضية أي معامدة لنصف القطر، فتحدث أمواجاً عرضية متتابعة لا يحصى عددها، تنتشر من حول الشمس انتشاراً

حلزونيًا في اتجاه دورتها المحورية . ولتسهيل التصور نقتصر على تتبع الامواج التي يحدثها نقرء واحد كل هنيهة . فترى ان الموجة الواحدة التي يحدثها النقرء لا تتم دائرة حول الشمس بل تلتف التفافاً من حول الموجة التي تليها . فاذا تصورت ان نيران الشمس في دورانها المحوري تحدث بلايين الامواج في البحر الايثري على هذا النحو ، أمكنك أن تتصورها ملتفة بعضها على بعض بالشكل الحلزوني وهي تصدم الايثر أمامها صدماً عرضيًا معامداً لاتصاف أقطار الدائرة

ثم تصوَّر الارض على بعد من الشمس وهذه الامواج تصدمها على نحو ما تصوَّرناه آنفاً فلابدَّ من أن تتصوَّر أن الامواج تسوقها أمامها سوقاً ، أو تتصوَّر ان الارض ، وهي قاصدة أن تقترب الى الشمس ، لا تستطيع الاقتراب لأن الامواج تمنعها فتضطر ان تتدحرج أو تتزحلق على متون تلك الامواج في خطٍّ منحنٍ يتم في دائرة . فكأن الارض تحت تأثير قوتين : قوة الانجذاب نحو مركز الشمس . وقوة الامواج الصادمة لها في خط معامد لخط الانجذاب المذكور . ونتيجة القوتين المتعامدتي اتجاه السير في خط دائري — حول الشمس — هو الفلك (المدار) الذي تدور فيه الأرض من حول الشمس . ولولا هذه الامواج الحلزونية الايثرية لسقطت الارض على الشمس . هذه هي « الدافعية » أي القوة الدافعة عن المركز ،

ولعلك تظن انه ما دامت الامواج تسوق الارض أمامها وهي حلزونية فلا بدَّ أن تسير الارض في خطٍّ حلزوني أيضاً فتبتعد عن الشمس مع ابتعاد الامواج الحلزونية الدافعة لها .

نعم كان يجب ان تتباعد الأرض عن الشمس بفعل هذه الامواج لولا ان هناك قوة التجاذب (او التقارب) بين الجرمين التي شرحناها آنفاً . وهذه القوة تقاوم قوة الأمواج العرضية وتوازنها ،

ولعلك تسأل : اذا قذفنا حجراً أو قنبلة قذفاً أفقيًا ، فلماذا لا يستمر دائراً من حول الأرض كما يدور القمر من حولها . أو لماذا لا يسقط القمر الى الأرض كما يسقط الحجر اليها ؟

أقول ان الجواب على هذا السؤال هو لباب ناموس الجاذبية لأن هذا الناموس لا يقتصر على تجاذب الجرمين فقط ، بل يشتمل على ناموس سرعة الدوران — دوران احدهما من حول الآخر . فالسرعة هي أهم ضلع في الناموس ، لأن مقدارها المناسب للبعد عن المركز هو الذي

يقي الأرض من الهبوط الى الشمس ، كما أنه يعصمها من الشرود عنها ، وهو الذي يقي القمر من الهبوط الى الأرض أو الشرود عنها .

لو أمكننا أن نقذف قنبلة بسرعة يبلغ أربعة أميال في الثانية لجاءت تدور حول الأرض كمدار أو قمر لها . ولو أمكننا أن نقذفها بسرعة خمسة أو ستة أميال في الثانية لشردت عن الأرض وتاهت في الفضاء . والسهم الذي زعموا أن الأستاذ جودارد الأميركي يبتغي قذفه الى القمر لا يمكن أن يبتعد عن الأرض اذا لم ينقذف بسرعة تزيد على خمسة أميال في الثانية . فأين القوة الأرضية التي تستطيع أن تحدث هذه السرعة ؟ كذلك القمر لو أبطأ معدل سرعته ولو بعض الميل في الثانية لهبط الى الأرض لا محالة ، ولو طرأت عليه قوة من عالم الغيب تزيد معدل سرعته لشرد في الفضاء .

بقي أن القارىء يستغرب أن ذلك الأثير الذي حسبنا لطفه جزءا من ملايين جزء من لطف غاز الهواء تستطيع موجته أن تدفع أمامها الأرض التي هي أكثف من الهواء عشرات المرات . ولكن اذا تصوّرت أنه ليس في البحر الأثيري قوة أخرى غير قوة أمواج الأثير تتسلط على الأرض من أية ناحية البتة ، فهما كانت قوة هذه الموجة ضعيفة في تصوُّرنا ، فهي ذات قوة كافية لأن تدفع جرم الأرض معها ما دام ليس هناك قوة ضدها .

الفصل السابع

الجو الجاذبي

١ — الامواج الايثرية

هذا البحر الايثري المتموج الذي يوجب دوران الأجرام حول مركز كما رأيت هو ما يسمى « الجو الجاذبي » أو « المجال الجاذبي » Gravitational Feild

وكان فارادي أول من نبّه إلى الجوّ الجاذبي فقال ان الحديد الممغنط يحدث حوله جوًّا جاذبيًّا يوجب الحديد الآخر أن ينجذب نحوه . وكذلك الشمس تحدث حولها جوًّا جاذبيًّا يحتم على السيارات أن تنجذب نحوها ، أي أنها تلتوي في سيرها أو تنحني انحناء يرسم دائرة حول الشمس .

هذه الامواج الايثرية التي يحدثها دوران الدريرات والذرات وسائر الأجرام تنتشر بسرعة واحدة في الفضاء أو البحر الايثري على ستة « مربع البعد » أي انها كلما بعدت ضعفت قوتها .

كلها تسير بسرعة واحدة . ولكنها تختلف بعددها (عدد الموجات) في الثانية . أي عدد الذبذبات Frequency وتختلف أيضاً بسعتها بين الموجة والموجة . وهذه السعة هي ما يعبرون عنه بطول الموجة (كما تعلم في اصطلاحات الراديو)

إذا ضربت عدد الموجات في الثانية في طول الموجة كان الحاصل ٣٠٠ الف وهو عدد ثابت لا يتغير ، وهي سرعة الامواج مهما كان نوعها — نوريّة أو موجات راديو أو أشعة صينية أو أشعة ما فوق البنفسجي أو ما تحت الأحمر الى آخره .

يتوقف هذا الاختلاف في عدد الموجات وطولها على اختلاف مصادرها . ولا متسع هنا لشرح هذه النقطة .

في الطبيعة عددٌ كبير من أصناف الموجات من حيث الطول وعدد الذبذبات . وهي

مرتبة ترتيب درجات السلم الموسيقية السبع أي ان كل درجة من سلم أعلى تكون ذبذباتها مضاعف ذبذبات درجة تقابلها في سلم أدنى منه، وانما يكون ذلك طول هذه

ونحن لا نشاهد منها إلا السلم النورانية التي تنحل بالمنشاف الى الألوان السبعة . وغيرها لا نرى كموجات الراديو أو الموجات السينية أو موجات ما فوق البنفسجي وما تحت الاحمر والأمواج الكونية الخ . ويبلغ عدد هذه السلالم أو الطبقات أو الطعوم الموجية نحو ٦٩ أو ٧٠ طبقاً .

القوة التي رفعت المياه بخاراً من البحر والبر ، والقوة التي خُزنت في أعضاء النبات والحيوان الخ مصادرة من الشمس وقد حملتها هذه الأمواج التي نحن بصددها .

هذه الأمواج هي ما نسميها الأمواج الكهرطيسية أي الكهربائية المغنطيسة Electro-magnetic Waves ولا محل هنا لزيادة التفصيل .

٢ — الفوتونات

ظهر منا أن القوة المحركة في الكون هي هذه الموجات التي تصدر من دوران ذريرات المادة وذراتها وجموعات ذراتها .

ولكن هذه الموجات الدورانية ليست كل ما ينقل القوة من الذرات بل هناك شذرات تنتثر من الذرات وتمضي مع تلك الموجات وبسرعتها . واليك بيان أمرها : —

إذا أطبق كهيرب (الكترون) على بروتونه أفنى كل منهما الآخر — كما يفنى الموجب والسالب اذا تلاقيا — يفنيان في لمعة موجية تنتشر في الفضاء — يعني أنهما لا يبقيان بروتوناً ذا شحنة ايجابية وكهيرباً ذا شحنة سلبية، بل يتفتتان الى شظيات تسمى فوتونات (ضوئيات) لا شحنة كهربائية فيها . وانما لها القوة التي كانت كامنة في الذرة . فتنطلق هذه الفوتونات في الفضاء بسرعة الموجات الكهرطيسية التي نحن بصددها .

هذه الفوتونات هي القوة المحمولة في الموجات ، أو لك أن تقول هي نفسها الموجات الكهرطيسية

متى أطبق الكهيرب على البروتون لأي سبب (ولا محل هنا لشرح الأسباب) انحل

الى عشرة الاف فوتون . ولما كان البروتون يزن ١٨٤٠ مرة وزن الكهيرب كان يلزم بنوبته الى ١٨٤٠٠٠٠٠ فوتون (ضُوَيْئة) .

النور والحرارة اللذان نحس بهما هما من هذه الفوتونات . وكذلك سائر أمواج الراديو وما اليها كلها . وهذه الفوتونات هي التي يقع قسم منها على أرضنا بشكل حرارة ونور وما وراء البنفسجي الى آخره . هي القوة التي تخزن في عالمي الحيوان والنبات وتعود فتظهر بإحراقهما بالأوكسجين وبوسائل أخرى لا محل هنا لبيانها .

ويمكننا أن نقول إن العنصر الحيوي في الحيوان والنبات من مفعول هذه الفوتونات . والذين يتعرَّضون لنور الشمس وحرارتها بغية الحصول على أمواج ما وراء البنفسجي في أبدانهم قد لا يخطئون الاَّ بأنهم يفرطون في هذا الأمر الى حد الأذى وقد يكون شديداً وقد يكون قاتلاً إذا تجاوز الحدود .

وتلك الموجات الكهربائية المغنطيسية التي تحملها أو تصطحبها هي التي تولد تيارات كهربائية أخرى في الكروموسوم (المِصْبَغِيّ) في الخلايا الحية . وهي سر الحياة بحسب نظرية لاخوفسكي التي ظهرت حديثاً . وقد نشر المقتطف لي مقالة في شهر نوفمبر سنة ١٩٤٣ في هذا الموضوع .

تفقد الشمس بصدور هذه الفوتونات منها كل دقيقة ٣٦٠ طناً من مادتها .

وفي رأي بعض العلماء ومنهم العلامة تجايس تجاذ ان هذه الفوتونات هي ذريرات أثيرية أي إن البحر الأثيري هو فوتونات . كأن الأجرام والأجسام تولدت من هذه الفوتونات فلما فنيت عادت إلى بحر الفوتونات . « من الفوتون وإلى الفوتون تعود »

الفصل الثامن

نشوء الذريرات والاجرام

يحسن بنا هنا أن نبحث في كيف نشأت الذريرات والذرات والاجسام والاجرام بقوة الجاذبية أو بعمل خواص المادة الثلاث التي مرَّ ذكرها في نبذة ٣ من الفصل الرابع

١ — اصل السدم

شكراً للنور وللآلات البصرية التي اخترعها العلم لتحصيل النور واستكشاف نواميسه وخواصه — شكراً له ولها لانهما جميعاً وَضعت تحت بصرنا كتاب الطبيعة المادية Cosmophysics مشتملاً على صور العوالم المادية من ملايين السنين الى اليوم. فهو يكشف لنا طبيعة مجموعات العوالم في عصور مختلفة ومتباعدة أكثر مما تكشف لنا الاحافير عن طبقات الارض

تصوِّر التلسكوب (المقراب) والبكتروسكوب (المطياف) يجلوان لك كثيراً من ظاهرات سديم [1] يبعد عنا مئة مليون سنة نورية أو أكثر. يعني ان نوره يقضي هذا العدد من السنين لكي يصل الينا. فهو بعد مضي هذه السنين لم يبق كما نراه الآن سديماً غازيًّا بل لابد انه أصبح كجرتنا. وقد تجمعت أجزاؤه في اجرام من شموس ومجموعات شموس (كوكبات) وربما كان بين شموسه شموس ذات سيارات كشمسنا. فيُمكنه السحيق عنا حفظ لنا في الفضاء صورته كما كان منذ مئة مليون سنة او مئات الملايين. فاذا وجهنا مرصدنا العظيم بطيافه الى النواحي المختلفة في الفضاء او بالاحرى في الحيِّز الكوني، نرى سُدُماً مختلفة الابعاد وبالتالي مختلفة المظاهر تبعاً لاختلاف أبعادها. فترى بعضها في الحالة الغازية الصرفة كأنها لهيب متدلع، وبعضها كأنها ضباب محترق، وبعضها ضباب يشتمل على عقَل أكثف من

---

(١) السديم مجموعة مادية عظيمة جداً كمجموعة مجرتنا، ولكنه في الحالة الغازية

الضباب . وبعضها جرم ومجموعات نجوم . وأقربها إلينا أكثر مشابهة لمجرتنا وأبعدها غازيٌّ صرف . فكل هذه الظاهرات الواضحة لنا على أجنحة النور اذا أدخلنا أبعادها المختلفة في الحساب تدلنا على انه لو كان في امكان عقلنا أن يتنقل بينها بأسرع من النور ألوف المرات أو خمسة لكان يراها كلها متقاربة في النضوج الى مجرتنا . وربما كان بعضها أنضج منها

ومن ذلك نفهم أن كل جرم أو مجموعة أجرام أو كل مجرة كمجرتنا كانت في الأصل سديماً غازيًّا لطيفاً جدًّا . ثم جعلت ذراته تتجمع بعضها إلى بعض ، فتتكوَّن منها جماعات فجماعات أكثر من الأصل عدداً . ثم جعلت أجزاء كل جماعة منها تتجمع في جماعات أخرى أكثف منها فتتكوَّن مجموعات الأجرام الى أن بلغت مثل ما نرى في مجرتنا .

فلا شبهة في أن جميع العوالم كانت في الأصل سدُماً غازية لطيفة جدًّا . ثم تقلَّصت وتجمدت أجراماً . والطيف (السبكتروسكوب) يقول لنا ان جميع هذه السدم متشابهة المادة تشابهاً كليًّا . مثلاً يريك في كل منها عنصر الهيدروجين أو عنصر الهيليوم وكثيراً من العناصر التي عندنا في أرضنا منها . بل يريك صفات البروتونات والكهيربات فيها جميعاً. ولا يخفى ما في هذه الظاهرات من الدليل الجازم على ان السُّدُم جميعاً متكونة من أصل واحد أي من ذرات مادية متماثلة . فاذا كانت تلك الذرات ؟

لا يحتاج الجواب إلى تكهُّن أو الى تخرص . تحلل أية ذرة من الذرات المادية التي عرفناها . فما تنحل اليه نهائيًّا فهو الذريرة التي تألفت منها السدم بل تؤلف السديم الأعظم الذي انشقت منه السدم وانفصلت بعضها عن بعض . فقد علمنا فيما سبق ان آخر جوهر تنحل اليه الذرة هو الفوتون (الضويئة) . ولا نعرف ذريرة أدق من الفوتون أو أن الفوتون ينحل الى أجزاء أدق منه، حتى اننا لاعتبارات علمية اعتبرنا الايثر بحر فوتونات . (وتجينز يظن هذا الظن) وربما كان بحر ذريرات أدق من الفوتونات والله اعلم .

٢ — البحر الفوتوني أو الضوئي

هب أن ذريرة الايثر أصغر من ذريرة الفوتون وان الفوتون مؤلف من ذريرات ايثرية فهما تعادينا في تجزئة المادة فلا نستطيع أن نتمادى بلا تناهٍ . لأن عدم التناهي خارج عن منطقة العقل البشري فلا يتطرَّق العقل اليه ، ولأن المادة خاضعة لتصوُّر العقل

فلا بدَّ أن تكون متناهية الجزئة . ولأن الفوتون آخر أجزائها كما نعلم حتى الآن . فلنا أن نفرض أن السديم الاعظم الذي اشتقت منه جميع السدم كان بحر فوتونات . وإذا شئت أن تتصوَّر بحر ذريرات ايثرية أدق من الفوتونات فلا بأس . وإنما لكي نجعل حدًّا لبساطة المادة ودقتها نفرض الفوتون الذي لم نعرف حتى الآن ذرَّة أبسط منه وأدق — نفرضه أصلاً لمادة الكون (الهيولى) . هو عنصر البحر الايثري والمادي .

في هذه الحالة نتصوَّر الحيز الكوني المتناهي (لا الفضاء الخالي اللامتناهي الذي نعتبره عدماً) في البدء مملوءاً فوتونات منتشرة فيه على مسافات متساوية تمام التساوي . وقد حسب بعض العلماء ذرات أو جزيئات جميع المجرات والسدم الكونية فاذا هي ٧٩ صفراً عن يمين الواحد أي هي عشرة مضروبة بنفسها ٧٩ مرة . وتكتب بالاختصار هكذا ٧٩ (١٠) . وإذا كانت أصغر ذرة — الهيدروجين مثلاً — تنحل إلى نحو ١٨ مليون فوتون تقريباً (١٠٠٠٠) × (١٨٤٠) فيكون عدد فوتونات الكون ٧٩ (١٠) + ٥ × ١٨٤ أي ١٨٤ وأمامها ٨٤ صفراً . هذا ما عدا ذريرات البحر الايثري التي يمكن استخراجها بحساب آخر ليس هنا متسع له .

ثم حسب بعض العلماء نصيب كل جزيء من الحيز الكوني إذا اشتتت أجزاؤه بالتساوي فيه فاذا هي من ٢ إلى ٣ يردات مربعة أي إنه بين كل جزيء وكل واحد من جيرانه نحو ٢ إلى ٣ يردات . وبناء على هذا الحساب يكون نصيب الفوتون الواحد من الحيز الكوني نحو سنتيمتر مكعب ، أي ان كل فوتون يبتعد عن جيرانه نحو سنتيمتر . هذا اذا انحلت ذرات الكون كلها الى فوتونات وتشتتت هذه في الحيز الكوني .

أضف الى هذا الحساب الذي لا يستطيع العقل تصوره ان النور يقضي نحو ١٠ آلاف مليون سنة لكي يقطع الحيز الكوني من جنب الى جنب . ثم تصور ما شئت من سعة هذا الكون .

حساب آخر . وقد حسب هوبل رئيس مرصد جبل ويلسن (أعظم مرصد في العالم الآن) في أميركا أنه لو انتشرت ذرات جميع الأجرام والسدم وتوزعت في الحيز الكوني توزعاً متعادلاً لبلغت كثافتها فيه ١٥ جزءاً من ٣١ صفراً الى يمين الواحد من كثافة الماء . وتكتب

للاختصار هكذا: ٥ر١ × (١٠) ٣١ . وبعبارة أخرى أن سنتيمتراً مكعباً من الماء يصبح حينئذٍ ١٥ الى يمينها ٣١ صفراً سنتيمترات مكعبة .

٣ — نشأة الكون المبرز

تصوّرنا الحيز الكوني المتناهي في بدئه مفعماً بفوتونات أو ذريرات إيثرية مماثلة وموزعة فيه على نسبة واحدة ، أي أن كثافتها فيه واحدة في أي منطقة في ذلك الحيز .

وهنا يقاطع القارىء حديثنا بالاسئلة التالية :

١ — من أين جاءت هذه الفوتونات (أو الذريرات الايثرية ؟ أو كيف وجدت مرتبة هذا الترتيب ؟

الجواب إن هذا السؤال استفزاز لتعقل لكي يثب من دائرة المتناهي الى دائرة اللامتناهي . وهو عاجزٌ عن هذا الوثوب .

إذا بحثنا عن سبب وجود فوتونات المادة ، أو إذا فرضنا لوجودها سبباً أو موجداً انبرى أمامنا سؤال آخر ، وهو كيف وُجد ذلك السبب أو الموجد ؟ وعلى هذا النحو نستمر في سلسلة فروض لا نهاية لها . والعقل متناهٍ . فلا يستطيع أن يشمل اللامتناهي . فخيرٌ للسائل أن يكف عن هذا السؤال المحير لانه لا يستطيع أن يجد فيه مزيلاً لحيرته . فان كان يرتاح الى نظرية وجوب وجود الله موجداً للمادة ، فذلك خير ما يعتقده ويريح باله . انهم إذا كان لا يجد بدّاً من السؤال « من أوجد الله » . وحينئذٍ فافتراض ان المادة وجدت هكذا وجوباً يغنيه عن هذا السؤال . لان افتراض ان المادة وجدت هكذا وجوباً هو كافتراض وجود الله وجوباً . إذن فلنقل ان المادة وجدت فوتونات مرتبة هكذا بكيفية يستحيل أن ندركها أو أن نحسنها . وجدت والسلام . أو أن الله الواجب الوجود أوجدها وهو منظمها ومدبرها والبحث في أصل وجودها عقيم .

٢ — متى وجدت فوتونات المادة ؟

الجواب ان الزمان ليس شيئاً قائماً بذاته . بل هو تعبير عن حركة المادة . فاذا كانت المادة ساكنة بلا حركة — ان كانت قد وجدت ساكنة — فلم يكن ثمت مرور زمن إذ لا نجد أثراً في الكون له . ولذلك لا نستطيع أن نعين لبدء وجودها زمناً . وأنما نعين لبدء

حركتها زمناً سواء أكانت الحيرى أزلية أو حادثة. ولا يستحيل علينا أن نستنتج بدء ظهور حركتها، أي منذ كم من الزمن ابتدأت تتحرك. أي متى صارت الفوتونات تتألف في كهيربات وبروتونات؟ فإن كانت قد وجدت متحركة فنعلم بدء حدوثها أو وجودها من معرفتنا بدء حركتها. وإنما نبقى جاهلين كيفية ذلك الحدوث كما تقدم القول. فهلاً بهذا السؤال الذي يمكن الجواب عليه وإزالة الحيرة فيه. وحينئذٍ يعلم القارىء أن لا أزل ولا أبد. بل هناك بداية للكون المادي الذي نحن فيه الآن وكما نعرفه وله نهاية على الأرجح (أنظر الفصل العاشر)

٣ — كيف نعلم ان المادة وجدت فوتونات أولاً ثم تألفت من الفوتونات ذريرات فجزيئات وتجمعت منها عدم وأجرام؟ ولماذا لا نقول إنها وجدت جزيئات تامة التركيب كما نراها في شمسنا وأرضنا؟ ولماذا لا نقول إنها وجدت ذريرات أصغر من الفوتونات وهذه الفوتونات تألفت منها؟.

والجواب. أننا نرى في العدم المترامية جميع درجات التركيب من الفوتونات إلى البروتونات والكهارب إلى الجزيئات الخ ولم نشاهد أو نعثر على ما هو أدق من الفوتونات فإن كان هناك ما هو أدق منها فالى الآن لم نكتشفه. ولا كلام فيما نجهله جهلاً مطلقاً. وفي أرضنا نرى خليات حيوية مؤلفة من جزيئات أيضاً. وكل ذلك يدلنا على أن التركيب حادث في المادة بعد وجودها. فلا يمكن أن تكون قد وجدت هكذا كما نراها مادمنا نرى تركباً واضمحلالاً. نرى في درجات العدم دلائل التكاثف والتركب واضحة كالنهار. فنتأكد أن التركب طبع في المادة. وانها ابتدأ التطوّر منذ كان الحيز الكوني بحر فوتونات فقط.

٤ — بالبرهان على أن الحيز الكوني الذي كان مملوءاً فوتونات فقط ومتوزعة فيه بالتساوي، كان متناهياً أي له حجم مقرّر. ولماذا لا يقال أنه غير متناهٍ؟

الجواب: ان العلم مكننا من ارتياد الكون وأقنعنا بانه متناهٍ، وان الحيز الذي يشغله محدود الحجم. وعلمنا أو استكشافنا محصور في هذا الحيز المحدود، وبعده لا ندري شيئاً إذ لا وسيلة لاتصالنا بما بعده كما لنا وسائل الاتصال بجميع نواحي حيزنا هذا. ولكن جهلنا بما بعده لا ينفي نفياً قاطعاً امكان وجود حيز أو حيزات كونية أخرى لا وسيلة عندنا

الاتصال بيننا وبينها . هي بالنسبة الى عقلنا في حكم الخيال الظني فقط اذ لا تأثير لها على عقليتنا . فكأنها من مستحدثات عقلنا فقط . ولذلك من السخف ان نفرض أو نزعم أو نعتقد عما ليس له صلة بحواسنا أو عقلنا أو تعقلنا .

إذن نحصر بحثنا في حيز كوننا المادي فقط لأن لنا اتصالاً حسيًّا بنواميسه ، والآن هذا الاتصال ينتهي عند حدود نستطيع أن نقيس أبعادها بالتقريب .

٥ — هل وجدت المادة متحركة أو ان الحركة طارئة عليها ؟

الجواب : ليس لأي من الأمرين جواب يرتاح اليه العقل أو يزيل الحيرة . فقد يمكن انها وجدت متحركة . ولا جواب للسؤال « كيف وجدت متحركة » إلاَّ الجواب الذي يسمّاه السؤال الاول . وقد يمكن أن تكون الحركة طارئة عليها بعد وجودها . وحينئذٍ يتصدر السؤال التالي : —

٦ — إذا كانت الحركة قد طرأت على المادة بعد وجودها فما هي القوة التي أحدثتها ؟

والجواب على هذا السؤال من رتبة الجواب على السؤال الاول . فيستحيل على العقل البشري أن يتصوّر قوة مستقلة قد حرّكت المادة أو أثارتها فتحركت . لانه في الحال يقوم أمامه سؤال آخر وهو : ما هي هذه القوة . أو إذا كان يعتقد انه ليس هناك شيء قائم بذاته يسمى قوة ، بل ان ما نعنيه بالقوة وما عرفناه منها انما هو حلقة من سلسلة حلقات الحركة — اذا كان العقل البشري يعتقد هكذا فلا بدَّ أن يسأل ما هي الحركة السابقة التي أحدثت حركة الفوتونات . وهكذا يدخل في سلسلة غير متناهية من الأسئلة .

فاذن نترك البحث في اللامتناهي لأنه عقيم ونبحث في تطور المادة كما رأيناها منذ بدء تحركها ، سواء أكانت قد وجدت ساكنة فطرأت عليها قوة حرّكتها . أم وجدت متحركة فشرعت تتطوّر .

الفصل التاسع

تطور الكون

١ — وجوب وجود المادة متحركة

نعود إذن إلى تصور الحيّز الكوني مفعماً فوتونات فيها نزعة طبيعية إلى التقارب بعضها الى بعض ، ونزعة أخرى وهي الدوران المحوري الذي أشرنا اليه مراراً فيما سبق ومن هنا نعتبر بداءة تطورها .

نزعم انها ابتدأت بتطورها من حالة كونها موزعة فوتونات في الحيز الكوني بالتساوي. لاننا نرى دلائل التصور في سُدُمها واضحة كالنهار كما قلنا ، فلا بدَّ أن تكون هذه الحالة من درجات تطورها ان لم تكن أول درجاته . فصار السؤال الآن كيف شرعت تتطوَّر من بعد وجودها في هذه الحالة .

نراها الآن بواسطة المراصد كما كانت منذ ملايين السنين : مجموعات سُدُم غازية متفاوتة الكثافة ، مختلفة الأشكال بعض الاختلاف ، متقاربة الأحجام . وكلها تدور على محاورها . فاذاً ، كيفية نشوئها واحدة ، كما ان المادة التي تكونت منها واحدة (الشكل والطبع) . فكيف نشأت متنوعة ؟ وما هي أسباب بعض الاختلافات في أشكالها وأحجامها وأوزانها .

والجواب الاجمالي أنها نشأت بكيفية التكاثف في البحر الفوتوني . فكيف حدث هذا التكاثف ؟

نتصوَّر هذا البحر الكوني الفوتوني ككرة عظمى يحيط بها العدم . ونتصوَّر حركته أول أمرين أو كليهما معاً . الأول أن في كل دورة (فوتون) نزعة طبيعية للاقتراب الى أقرب فوتون اليه . والأمر الثاني . كل فوتون يدور على نفسه دورة مغزلية (على محوره) حتى اذا تحرك في اتجاه محوره كان يمر في الفضاء كالبرغي في الخشب . فرضناه هكذا لأن بعض العلماء مثل تجيتز يعتقد أن الفوتون ينتشر من الذرة متذمماً وهو يدور على نفسه

(على محوره) مارقاً في الفضاء بحركة حلزونية . هذه اذا تحرك محوره وقد يتحرك في اتجاه دورانه ، فتكون حركته كأنه يتدحرج في الفضاء كالعجلة .

يحتمل أن يكون الفوتون أو الذرة الايثرية الأولى قد ابتدأت بالتحرك بحركة التقارب فقط، ثم جاءت حركة الدوران بعدئذٍ كنتيجة للتطور . أو يحتمل أيضاً أنها ابتدأت بالتحرك بالحركتين معاً أي حركة الدوران وحركة التقارب . والحركتان معاً نتيجتا التطور . ومهما يكن من الأمر فمن العقل السليم أن يتصوَّر أن حركة الدوران نزعة طبيعية لحركة التقارب . ولا بدَّ إذ ذاك من التشدُّد في السؤال : أية قوة دفعت الفوتونات في هذه الحركة . وحينئذٍ نعود فندخل في دائرة اللامتناهي التي يتصرع العقل فيها حتى ولو فرضنا ان القوة المحركة للفوتونات قوة إلهية . لأن هذا الفرض ليس أقرب الى العقل من نسبة الحركة لطبيعة الفوتونات نفسها. ولأنه لا ينقذ العقل من ورطة اللامتناهي ، لأنه لا يستطيع أن يتملص من سؤال آخر وهو : من أين جاء ذاك المحرك الاول بالحركة ؟ أو من أين استمد قوته ؟ فان فرضنا محركاً آخر قبله تمتعه هذه الحركة درجنا في سلسلة اللامتناهي التي لا يخرج منها ولا يستقر فيها العقل مقتنعاً راضياً . فاذا لم يكن بدٌّ من فرض قوة واجبة الوجود كأصل أو علة لوجود الكون متحركاً أو لتحرك المادة فلماذا يمنع أن تكون المادة المتحركة هي نفسها واجبة الوجود ؟ ولماذا نقدّم عليها قوة لا مزية لها وليس فيها اقناع للعقل أكثر مما في وجوب وجود المادة نفسها ؟ .

على أي حالٍ القارىء حرٌّ في تعليل وجود المادة متحركة . ونحن نبتدىء في شرح تطور الكون المادي من وجود بحر فوتونات لها على الأقل نزعة التقارب

٢ — ناموس الشكائف

في هذه الحالة نرى بعين العقل كل فوتونة بين ست فوتونات من حولها في الجهات الست وهي ميّالة للدنوّ الى كل واحدة منها ، أو بتعبير الاصطلاح الجاذبي كل واحدة راغبة في استدعاء أية واحدة من اللواتي حولها اليها . ولأنهنّ جميعاً على مسافات متساوية بينهنّ فلا تستطيع الواحدة منهن أن تختار واحدة دون الأخريات حتى ولو كانت لهنّ خصلة الدوران المحوري .

فاذا فرضنا ان الكون غير متناه بل هو ممتد من جميع النواحي الى ما لا نهاية له ، وهو أمرٌ يستحيل تصوّره فتكون الذرات الايثرية أو الفوتونات في وضعها الذي تصورناه متوازنة فيما بينها . وليس ثمت من دافع أو عامل لتحريكها بعضها نحو بعض. بل تبقى كذلك الى أبد الآبدين . أو الى ان تطرأ عليها قوة أجنبية تحركها وتخل توازنها هذا فتشرع في تطورها تجمعاً وتفرقاً . فأين القوة الأجنبية

واما نحن علمنا أن الحيّز الكوني متناهٍ أي محدود الحجم حوله فراغ نعتبره عدماً . وليس عندنا دليل قط انه الشقّ من كونٍ أعظم غير متناهٍ ، وان كان هذا لا يستحيل حدوثه ، إلاّ عند عقلنا الذي لا يستطيع تصور اللامتناهي .

فلنبقَ على فرضنا الاول وهو أن كوننا المادي وحيدٌ فريدٌ. وقد وُجد منذ الأزل بحر فوتونات بشكل كروي يحيط به الفراغ المطلق أو العدم . وحينئذٍ نرى الفوتونات متوازنة فيما بينها إلاّ في قشرة سطحه الكروي . فهناك نرى كل فوتون منجذباً الى خمس فوتونات من جهات خمس دون الجهة السادسة ، وان التوازن في القشرة السطحية مختل . واذن فوتونات القشرة تدنو الى ما بين الخمسة بحسب قانون تعدّد القوات المتسلطة على جسم واحد واختلاف جهاتها كما هو معلوم في علم الطبيعة . وحينئذٍ تصبح فوتونات الطبقة التي تحت القشرة أكثر عدداً وتقارباً فتجذب فريقاً من الطبقة التي تحتها ويحدث تجمع في قشرة جديدة فتختل الموازنة في الطبقة الرابعة وتهبط الى طبقة تحتها ويحدث تجمع آخر قد يكون أعظم من التجمع الأول أو أقل .

ولا يخفى انه اذا اختلّ التوازن في ناحية اختلّ في جميع النواحي ، وحينئذٍ يطلق العنان لحركة التقارب والتباعد في كل ناحية . ولا يمكن تصوير كيفية ذلك بانتظام . فهو في نظر العقل البشري سلسلة مصادفات لا ضابط لها . وهكذا تحدث تجمعات متوالية تتصاعد بينها قوات تقارب مختلفة . ومهما كانت الطبيعة منظمة ومحافظة على التشاكل Symetry فلا بدّ أن يزداد اختلال التوازن من كل ناحية .

وفيما نحن نتصور التجمع في طبقات غضضنا النظر عن اختلال التوازن في الطبقات الكروية نفسها الأمر الذي يمزقها الى تجمعات صغيرة . وهذا التمزق محتمل جدّاً بل هو

منتظم اذا كان عدد دوائر العشرة وتراً لا شفعاً ، أو وتر الوتر بحيث يستحيل أن تنقسم العشرة الى جماعات متساوية العدد من غير فضلة ، فالفضلة وحدها إما أن تكون مجموعة أصغر أو ان تنضم الى مجموعة أخرى أكبر . وهذا التفاوت في أحجام المجموعات واختلاف المسافات بينها يزيد في اختلال التوازن وينشىء اضطراباً في بحر الحيّز الكوني الفورتوني . وحينئذٍ نستطيع أن نتصور ذلك البحر الايثري اللطيف يتحوّل رويداً رويداً الى جماعات غيمية هنا وهناك بتناسب قليل وهي ما يسمونه سُدُماً (جمع سديم)

يمكنك أن تتصوّر هذه الدرجة الأولى في نشوء الكون المادي وتصوّره اذا ملأت اناءً حليباً ثم عصرت عليه ليمونة حامضة . يكفي أن تهزّ الاناء قليلاً فترى زلال اللبن تكتل كتلاً متقطعة . واذا ساعدت حركة التكتل بان تحرّك اللبن بملعقة لكي يتوزع فيه حامض الليمون رأيت الكتل متوزعة في معمل اللبن العافي هنا وهناك . ولولا جاذبية الارض لما كنت تراها ترسب متجمعة بل تبقى متوزعة في كل ناحية من المعمل وتبقى في حركتها الدورانية التي أحدثها التحرك بالملعقة الى الأبد .

على هذا النحو نشأ التكاثف الأول في بحر الحيز الكوني وتولدت التكاثفات المتعددة التي هي السُّدُم الأولى . وهي الدور الثاني من ادوار الكون المادي.

٣ — ناموس الدوران

هذا التكاثف استلزم الحركة — حركة الانتقال في الحيز من نقطة الى نقطة — وقد فرضنا انها طبيعية في الفورتونات ومتبادلة بين بعضها والبعض على قاعدة ان الأقرب يقترب الى الأقرب ، والعدد الأكثر يستدني العدد الأقل .

فاذا فرضنا ان جميع فورتونات الطبقة السطحية تهبط الى الطبقة التي تحتها (تعني الى جهة المركز) وكانت هي ما تحتها كانت النتيجة تقلص البحر الفورتوني وتكاثفه في كرة أصغر الى أن يصبح أخيراً جرماً واحداً عظيماً كثيفاً جداً . وأكثفه في مركزه بحيث لا يستطيع العقل تصور مقدار كثافته . ولا حركة دورانية فيه بل يكون بجملته ساكناً وأجزاؤه ساكنة بنسبة بعضها الى بعض . ولكن المشاهد في تعدد السدم يخالف هذا الفرض الذي ترفضه طبيعة الحال وينقضه قانون التجمع والتكاثف كما رأيت . فقد رأيت ان الاختلال في

التوازن بين الفوتونات يجعل حركات التجمع مختلفة الاتجاه الى جميع الجهات . ولذلك تحدث عدّة تكاثفات .

ولذلك إذا تصوّرنا أن حركة التقارب بين الفوتونات وبين جماعاتها المتكونة حديثاً غير متجهة كلها اتجاهاً واحداً نحو مركز الحيز الكوني ، بل بعضها معامدٌ وبعضها معارضٌ على زوايا مختلفة وبعضها معاكس ، فحينئذٍ نقدر أن نتصور التكاثف مبتدئاً بحركة دورانية منذ بدأ تكاثف الطبقة الخارجية الأولى .

وبعدئذٍ نتصوّر كل تكاثف آخر مجارياً للتكاثف الأول في اتجاه دورانه . وحينئذٍ نرى البحر الكوني كله دائراً حول مركزه بسرعات مختلفة في مناطقه بعضها أسرع من بعض وبعضها أبطأ من بعض وأنها كلها تدور في اتجاهٍ واحد .

وإذا صحّ افتراضنا هذا وعزّزته الظاهرات وهو أن للفوتون حركة طبيعية أخرى أي حركة الدوران المغزلي مع حركة التقارب كان ثمت سبب آخر لتكون التكاثفات دائرة على محورها . وهو اكتساب هذا الدوران من دوران الفوتونات .

ونرى شاهداً على هذا في الجيروسكوب فانه يدير معه الوعاء الذي هو فيه إذا لم تمنعه قوة أخرى . فاذا تصوّرت الفوتونات كلها تدور على محاورها في اتجاهٍ واحد سهل عليك أن تتصوّر مجموعاتها متخذة هذه الحركة نفسها وفي نفس الاتجاه . فالحركة الدورانية Angular Momentum التي يكتسبها الكل من أجزائه هي سنة طبيعية منطقية . ومن هذا القانون نشأ قانون بقاء الحركة الدورانية أي دوامها Conservation of Angular Momentum وتوزعها من الكل على الأجزاء التي تفرعت منها كما هي مشروحة في متون علم الميكانيكيات . فاذا تشبع ذهنك بهذا القانون جيداً سهل عليك أن تتصور دوران الدُّم وأجزائها كأنها موروثة من أصل واحد وهو دوران البحر الكوني منذ اختلال توازنه وبدء اضطرابه .

وكلما استقلّ تكاثفٌ أو سديمٌ (كما هو مصطلح على تسميته) بنفسه ورث حركة الدوران هذه من الأصل الذي اشتقّ منه وجعل يدور على نفسه بنفس الاتجاه . وان وجدت بعض الدُّم تتحرّك أو تدور باتجاه مخالف للاتجاه العام فبسبب شيء من فوضى التكاثف والاشتقاق التي أحدثها لختلال التوازن كما تقدم القول . لأنه في بحر عظيم كهذا مؤلف من ذرات صغيرة بالنسبة الى عظمه وحركتها زهيدة بالنسبة اليه لا يمكن أن يشرع بتحريك الدوراني كمجموع تحركاً تام الانتظام والتشاكل بين أجزائه Symmetrical . فلا بدّ من حدوث شواذ زهيدة بين حركات أجزائه . فهذه النتيجة أي دوران متجمعات الفوتونات هي ما نراه في الدم الموجودة الآن والتي نرصدها ونرى عاذجها في أدوارها المختلفة .

نراها جميعاً تدور على محاورها بسرعات متفاوتة من شبه السكون الى سرعة مئات الأميال بالثانية حسب موقعها في المجموع ، وبعدها عن المركز .

٤ ـــ بدء عمل الجاذبية وقانون التكاثف

متى شرحت مادة الحيز الكوني تتكاثف على نحو ما شرحناه يشرع ناموس الجاذبية يتضح لنا جذباً فدفعاً . لأنه عالما يبتدىء التكاثف يبتدىء أيضاً تكون البروتونات والكهارب اذ لا يوجد مانع يمنعها من التكون ما دامت موادها موجودة والحركة اللازمة لها حادثة . وحينئذ نرى الذريرات تتكون من البروتونات والفرات من الذريرات والجزيئات تتألف كيماويًا ونرى نباتات هائية من ذريرات البحر البروتوني أو ذريرات البحر الايثري إن كانت غير بروتونية تنعدم من دوران البروتونات ودوران الكهارب حولها .

وبالاختصار نقول ان قانون الجاذبية العام جذباً ودفعاً يشرع عمله بوضوح . وعليه فعملية التكاثف تكون خاضعة :ـــ أولاً لقوة الجاذبية . وثانياً لسرعة الأجزاء التي يتكوّن منها التكاثف بحيث لا يزيد السديم المتكوّن عن حجم محدود ولا ينقص عن حجم آخر محدود والاّ فلا يثبت . أي انه يجب أن يكون توازن بين قوة الجاذبية فيه وسرعة دوران أجزائه حول مركزه . والاّ فهو مقلقل مرعوع (راجع قانون المسارعة في الملحق الثاني) .

ولا يخفى ان قانون بقاء قيمة الحركة الدورانية أي دوامها Conservation of the Angular Momentum يقضي بأن لا تتلاشى قيمة الحركة الدورانية بل هي ككل حركة يمكن أن تنتقل من جسم الى آخر أو تتوزع الى أجسام في الحيز حسب اتساعه . وبموجب هذا الناموس كلما تقلص جرم أو سديم وصغر حيزه ازدادت سرعة دورانه لأن قيمة حركته الدورانية لم تنقص بنقص حجمه . جميع حركات الدوران على الأرض متمشية على هذا القانون . والمشاهد من حركات السدم والأجرام الدورانية يطابق هذا المبدأ والقانون كل المطابقة .

***

بقيت أبحاث أخرى في تناسب المتجمعات الكبرى للصغرى . ونشوء المجموعات الكروية المسماة « الكركبات المتعودية globular clu ters التي كل كوكبته منها تدور على محور واحد كأنها كتلة واحدة متصلة بعضها ببعض مع أن بينها أبعاداً شاسعة . وهناك اعتبارات لم يعد يسع المقام الاسترسال فيها . (نراها في كتابنا نشوء الكون وتطوره المعد للطبع) .

الفصل العاشر

تمدد الكون وتقلصه

رأينا في الفصل السابق ان عناصر المادة تتحول تدريجيًّا من ذرات الى فوتونات تتفانى في بحر الايثر بسبب أن الاحداث المختلفة في الطبيعة تفضي الى اطباق الكهرب على البروتون فينطلقان فوتونات في أمة كهرطيسية في ذلك البحر الايثري كما علمت . فمادة الكون إذن تتناقص تدريجيًّا بسبب هذا التشعّع .

وقد حسب العلماء الاخيرون ان الشمس تنقص بهذه التشععات المتوالية كل ثانية ٤ ملايين طن من وزنها تقريباً أو نحو ٢٥٠ مليون طن كل دقيقة فبعد ملايين السنين تذوب الشمس (وكل جرم) ذوبان قطعة الجليد في ماء البحر . وهناك من يقول ٣٥٠ طنًّا في الدقيقة . والعلم عند الله .

ولا يخفى أنه كلما نقصت مادة الشمس وخفّ وزنها ضعفت قوة جاذبيتها . لأن الجاذبية تتوقف على حاصل ضرب ذرات الجرمين المتجاذبين كما علمت في فصل قانون الجاذبية . وبالتالي تتباعد سياراتها عنها . وقد حسب تجيمز أن الأرض تبتعد في فلكها عن الشمس بهذا السبب نحو بوصة كل قرن من السنين . وعلى هذا القياس تتباعد السيارات عن الشمس . وتتباعد الاجرام بعضها عن بعض لهذا السبب عينه . فتنتفخ المجرة لتباعد أجرامها وكوكباتها . وعلى هذا النحو تتباعد المجرات أيضاً . فالكون كله ينتفخ رويداً ويتسع حيّزه .

ليس هذا الانتفاخ الكوني مجرد تكهن أو تخرص او تفلسف . وانما هو حقيقة واقعة معاهدة . فقد شاهد هوبل مدير مرصد ويلسن (أعظم مرصد في العالم اليوم) في كاليفورنيا أن الاجرام السحيقة تتباعد بسرعات مختلفة لا تكاد تصدق .

فهذا الكون العجيب العظيم الذي تجمعت فيه ملايين المجرات مصاب بمصيبتين : الاولى انه يتمدد بسرعة في الفضاء الفارغ . وعلى التالي يملأ حيّزاً اكبر، يضاعف أضعاف حيزه الحالي . والثاني انه يضمحل تدريجيًّا في امواج كهرطيسية حاملة فوتونات الى ان تمتزج فوتوناته في البحر الايثري ، وتلتبس فيه كمادة منهُ .

وتجيز يقول انه بعد هذا الانسحلال النهائي على هذا النحو تعود الذرات الفردية الابقرية تتجمع في كواكب وبرتوانات فذرات فجزيئات فكتل أجرام وجماعات أجرام الخ — تعود تتجمع بقوة التجاذب بينها كما فعلت اولاً على نحو ما شرحناه في الفصل السابق. فكأنّ الكون يعيد رواية شؤونه وتطوره من جديد ومن أعلم كما أعاد هذه الرواية قبلاً وتم يعيدها بعدُ. ذلك هو الأزل. وهذا هو الأبد — السرمد الذي تقف عنده الافهام حائرة تائهة.

أجل ان الكون الأعظم ينشأ ويتطوّر ويشيخ ويضمحل مرة بعد مرة او هو لا نهاية له كما كان لا بداية له. فهو تطور دوري يطوي في كل دور ملايين ملايين الأدهار والأحقاب.

وكان اينشطين قد قدر بحسب نسبيته ان للكون الأعظم الشامل ملايين المجرّات قدراً معيناً من المادة يشغل حيّزاً معيناً من الفضاء بشكل بيضة فارغة لا زلال فيها ولا صح. أي ان مادة الكون تشغل قشرة البيضة فقط. وضمن هذا الحيز البيضي فراغ مطلق وحوله فراغ مطلق أيضاً. وقال ان حجم الكون هذا وشكله ثابتان لا يتغيران. وبحار الحركة فيه مقتصر على هذه القشرة.

ولكن لما أعلن هوبل أرصاده عن تباعد الأجرام والمجرات قام دي ستر ودرس أرصاد هوبل وبرهن ان الكون الأعظم آخذٌ بالانتفاخ، أي انه ليس ثابت الحجم كما قال اينشطين. ثم حسب دي ستر سرعة الأجسام أو الأجرام المتباعدة ومعدل الانتفاخ. ولكنه لم يقل متى ابتدأ الانتفاخ أي لم يبين الحالة التي كان عليها الكون حين ابتدأ ينتفخ.

وكان الأب ده لامتر العالم البلجيكي انه لما اطلع على نظرية اينشطين نشر رسالة في احدى المجلات الحقيرة (لانه لم تتكرم مجلة معتبرة بنشر رسالته) فحواها ان الكون كما وصفه اينشطين، واستنتج حجمه وشكله من نظريته النسبية لا بد انه ابتدأ صغيراً جداً ثم جعل يتمدد حتى صار كما هو الآن. والاّ لما اقتضى أن يكون فارغاً في داخله. ان تفرّغه الداخلي دليل قاطع على انه كان كتلة كثيفة متجمعة حول المركز ثم صار ينتفخ كانتفاخ فقاعة الصابون اذا نفخت فيها.

فلما ظهرت أرصاد هوبل وأبحاث دي ستر عاد العلماء الى رسالة الأب لامتر التي لم يعيروها سابقاً أقل اعتبار، وقالوا كما قال، ان الكون يتمدد باستمرار. فالأب لامتر عرف بالمنطق والحساب ما اكتشفه هوبل بالرصد.

الكون ابتدأ كما يرهن الآب لامتر .
وهو الآن كما يرهن اينشتين .
ومستقبله كما يرهن دي ستر .
أما اينشتين فلما علم بخبر أرصاد هوبل ذهب الى أميركا ونظر بنفسه الأرصاد ورصد مع هوبل فاقتنع بنظرية التمدد ونقح نظريته في شكل الكون وتمدده .

***

وهنا يرى القارىء أن الجاذبية تلعب دورها في هذا التمدد كما لعبت دورها في التجمع .
وقد علم القارىء أن الجسم أو الجرم المندفع يأخذ بالطبع في سيره خطاً مستقيماً . ولكن قوة جاذبية المركز تلويه نحوها . أي انه لولا جاذبية المركز لبقي مندفعاً في خط مستقيم .

ولذلك إذا كانت قوة الجاذبية تضعف قرب المركز بسبب تقعر مادتها فلا بدَّ أن يضعف إحناؤها له . وبالتالي يبتعد خط الانحناء أي انه يميل الى خط الاستقامة ما استطاع ، كالقضيب المرن إذا لويته يظل يميل الى الاستقامة بقدر ما تخلف قوتك في امالته . وهكذا الجرم يميل الى خط الاستقامة ما استطاع أو بقدر ما تعلق له قوة الجذب الحرية للعودة نحو خط سيره الأصلي (المستقيم) .

وقد نسبوا هذا الشرود عن المركز الى قوة النزوع الى الاستقامة على نحو ما قلنا هنا. ونحوها قوة الدفع الكوني Cosmic Repulsive أي أن للجسم المندفع نزعة طبيعية للميل الى الاستقامة .

لدى هذا التطور الكوني العظيم يقف العقل البشري مدهوشاً ذاهلاً .
ولماذا هذا الذهول . أليس ان العقل نفسه هو الذي غلغل في أعماق هذا الكون وأدرك هذه الحقائق .
فما بالله يدهش مما اكتشف وعرف .
أجل ، يذهل لأنه يرى نفسه حقيراً لدى عظمة هذا الكون العجيب .
لا . لا تستصغر نفسك أيها العقل الأعجب والأعظم .
« أتزعم انك جرمٌ صغيرٌ وفيك انطوى العالم الأكبر »

الخاتمة

تلك هي الجاذبية التي فتح الفيلسوف الأكبر اسحق نيوتن بضبط صفتها مرآة حقل الطبيعة . ودعا رجال العلم منذ عصره الى اليوم لكي يدخلوا الى ذلك الحقل الواسع الأرجاء ويطلعوا على ما فيه من كنوز عرفانية باهرة .

لا ريب أن الفتح العلمي الذي فتحه نيوتن كشف عن معظم أسرار الطبيعة، وبدّد دياجير الجهل وعما ظلاله، وفتح البصائر المنيرة لرؤية خبايا قوات الطبيعة واعتقالها لنفع المجتمع الانساني.

منذ عهد نيوتن الى اليوم تقدّم العلم النظري والعرفان العملي عشرة أضعاف ما كان قبله . وكان انه انقضى نحو ألفي سنة من عصر العلم الذي انتهى به عصر الجهل المطبق والعلماء ما زالوا يتخبطون في دياجير الخرافات والترهات ويبنون على أضاليلهم عقائد فاسدة ويقتفون طريق الهدى في مسالكهم العملية الى أن جاء نيوتن .

وما خبأ الانسان حبّه المتسارع في الاكتشاف والاختراع وفي العلم خاصة إلاّ بعد اكتشاف نيوتن سنّة الجاذبية وانتشار نظرياته في المبادىء الطبيعية التي تبسّط فيها في ثلاثة مجلدات إذ أصبحت القواعد الأساسية التي يبنى عليها كل علم حديث تقريباً .

في عوالم الفنون الهندسية وفي الصناعات والزراعات وسلك البحور وفي الاختراعات التي لا تحصى ، النافعة والتي أسيء استعمالها كالأسلحة المختلفة — تجد السنن والمبادىء الطبيعية التي كشفها نيوتن ظاهرة في سلبها جميعاً ناتئة في حواشيها مائلة بطونها .

حتى في الاقتصاديات والسياسيات وسائر الاجتماعيات تجد ، إذا غلغلت فيها ، سنن نيوتن ومبادئه الطبيعية عاملة فيها.

فلا ريب ان العصر منذ عهد نيوتن الى اليوم يعد سيد العصور الأعظم في العلم والاختراع . فهو على رأس العصور السالفة كالهرم الباذخ الراسخ بين هضاب الصحراء . وذلك الفيلسوف العظيم بين الفلاسفة العظماء منذ عهد طاليس الى اليوم هو كالشمس بين السيارات والنجوم التي تختفي تحت سطوعه .

ان جاذبية نيوتن ومباحثه في النور وطيفه ومبادئه في الطبيعة أنارت الطريق أمام أساطين العلم مثل هرتز وهولز وفاراداي وماكسويل وميكلسون وابنفطين وعشرات غيرهم ممن غابوا عن الذهن الآن .

لا ريب ان العقل البشري اتسعت تصوراته وعمقت تبصراته بعد نيوتن أضعاف ما كان عليه قبل ظهور ذلك العَلَم المفرد . اذا كان في اللغة أبلغ من كلمة عبقري فهي لنيوتن وحده. والاّ فهو العبقري الأوحد وغيره ممن نلقبهم بالعباقرة مفتئتون .

انتهى

الملحقات الرياضية

لمن يشاء الاطلاع على البراهين الرياضية للقوانين الواردة في هذا الكتاب .

الملحق الاول

ملحق نبذة ٢ من الفصل الثاني

قانون جاليليو لسرعة الاجسام الساقطة

لاحظ جاليليو ان الجسم الساقط يتسارع بسقوطه ووجد بالاستقراء والاختبار ان سرعة سقوطه تزداد كلما اقترب الى الارض . فعلى سطح الأرض يهبط الجسم في نهاية الثانية الاولى ٣٢ قدماً . ولأن سرعته في أول الثانية صفرٌ وفي نهايتها كلها ٣٢ فيكون متوسط سرعته $\frac{٠ + ٣٢}{٢} = ١٦$ قدماً في الثانية الأولى .

وفي الثانية الثانية يكون ١٦ + ٣٢ = ٤٨

وفي الثانية الثالثة يكون ٤٨ + ٣٢ = ٨٠

وهلمَّ جرًّا . وإذا أردت مجموع السقوط في عدد من الثواني فاستعمل القاعدة التالية لقانون المسارعة ، أي تزايد السرعة هكذا :—

نرمز عن المسارعة بحرفي مس وعن مدة الثواني بحرف ث فمعدل (أي متوسط) سرعة الجسم الساقط اذن $\frac{\text{مس} \times \text{ث}}{٢}$ في المثل الأول

فاذا ضربنا هذا المتوسط بعدد الثواني ث التي يقضيها في الهبوط كان مقدار المسافة التي يهبطها في عدد معين من الثواني مساويًا $= \frac{\text{مس} \times \text{ث}^٢}{٢}$

بهذه العبارة الرياضية يمكنك أن تحسب كم من الاقدام سقط الجسم في أثناء عدد من الثواني . وذلك بأن تضرب مربع عدد الثواني بالعدد ٣٢ وتقسم الحاصل على ٢ ، احفظ هذا بالك :—

مسافة الهبوط $= \frac{\text{مس} \times \text{ث}^٢}{٢}$ (معادلة اولى)

جدول الأمثلة

على قانون المسارعة

عدد الثواني	السرعة الآنية	معدل السرعة كل آخر ثانية	المجموع ما سبق	مجموع أقدام السقوط في الثواني كل ثانية	مربع الثواني ب ٣٢ مقسوم ÷ ٢ = ١٦	
الأولى				١٦		
الثانية	٣٢ + ١٦ =	٤٨	+ ١٦ =	٦٤	١٦ × (٢)² =	
الثالثة	٣٢ + ٤٨ =	٨٠	+ ٦٤ =	١٤٤	١٦ × (٣)² =	
الرابعة	٣٢ + ٨٠ =	١١٢	+ ١٤٤ =	٢٥٦	١٦ × (٤)² =	
الخامسة	٣٢ + ١١٢ =	١٤٤	+ ٢٥٦ =	٤٠٠	١٦ × (٥)² =	
السادسة	٣٢ + ١٤٤ =	١٧٦	+ ٤٠٠ =	٥٧٦	١٦ × (٦)² =	
السابعة	٣٢ + ١٧٦ =	٢٠٨	+ ٥٧٦ =	٧٨٤	١٦ × (٧)² =	
الثامنة	٣٢ + ٢٠٨ =	٢٤٠	+ ٧٨٤ =	١٠٢٤	١٦ × (٨)² =	

وهلمَّ جرًّا الى آخره

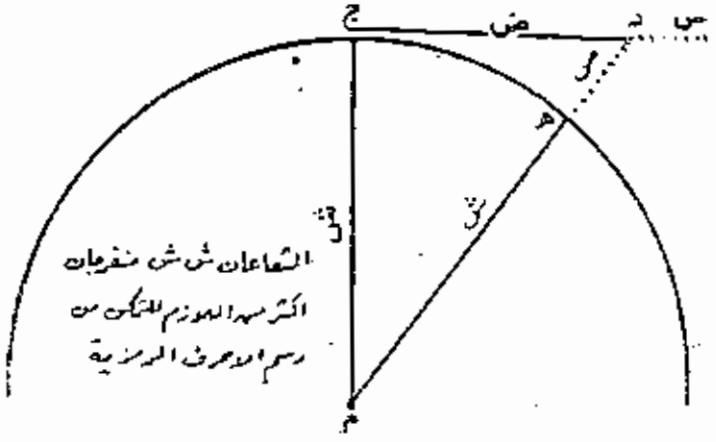
الملحق الثاني

قانون المسارعة الدورانية (١)

ذلك ناموس الأجسام الساقطة . ولكن الأجرام السائرة بسرعة وبقوة تعادل قوة الجاذبية لا تسقط سقوطًا وانما تنحني انحناء نحو المركز فتدور حوله كالقمر حول الأرض . فاليك قانونه : —

في ما يلي اكتشاف النسبة الثابتة بين سرعة الجسم اللازم لفلك دورانه (أي مداره) حول المركز ومسافة بُعده عن المركز — أي النسبة التي تساوي انحناء الجسم في دورانه عن خط اتجاه انقذافه المستقيم كما يتضح من الرسم التالي :

(١) ملحق نبذة ٤ من الفصل الثاني



الشكل الاول

لنفرض أن الجسم عند ج مندفع بسرعة س (قل أمتاراً أو أميالاً أو ما شاء) فاذا لم يكن ثمت سلطة أية قوة أخرى عليه سار في اتجاه اندفاعه بخط مستقيم الى د وإلى ما لا نهاية له .

ولكن إذا كان ثمت قوة أخرى مركزية كالنقطة م مثلاً (القوة الجاذبة) انحرف عن اتجاه ج د الى اتجاه ج ه المنحني . وبدل أن يصل في ثانية الى د يصل في الثانية الى ه . فكأنه هبط من مستوى ج د في القوس ج ه بعد أن ابتعد عن ج قدر س (وهو مسافة ج ه) السرعة بالثانية أمتاراً أو أميالاً . فما هي مسافة هبوطه في الثانية ؟ وبأي قيمة نعبر عنها ؟ .

لا وسيلة للتعبير عنها الاّ بقيمة النسبة الثابتة بين س (السرعة) و ش الشعاع نصف القطر أي مسافة بُعد ج عن المركز . فكم تساوي المسافة د ه ؟ من هذه النسبة ؟ فلنر .

لا يخفى ان الخط ج د مماس للدائرة التي حول المركز — الدائرة التي يدور فيها . وخط المسافة من ج الى م هو الشعاع . فاذاً الخط ج د معامد للشعاع ج م والزاوية عند ج قائمة .

ارسم الوتر م د . وهو مؤلف من ش الشعاع والخط الآخر ص (المسافة بين (د ه) وهي مسافة الهبوط . فلنا اذن مثلث قائم الزاوية . ج م د

بحسب قضية فيثاغورس مربع وتر هذا المثلث يساوي مجموع مربعي ساقيه أي (ج د)

و (ج م) فلنعبر عن ج د بحرف واحد ض وعن ج م بحرف واحد هو ش ، الشعاع. هكذا ،

(ش + ص)^{٢} = ض^{٢} + ش^{٢} بالجبر

ش^{٢} + ٢ ش ص + ص^{٢} = ض^{٢} + ش^{٢}

احذف ش^{٢} من الجانبين واستغن عن ص^{٢} لأن قيمتها زهيدة جداً لا يعتدّ بها يبقى

٢ ش ص = ض^{٢} أو

$$ص = \frac{ض^{٢}}{٢ش} \quad (\text{معادلة } ٢) .$$

أي أن ص مسافة هبوطه من د الى هـ تساوي مربع سرعته (من ج الى د) مقسوماً على مضاعف مسافة بعده عن المركز الذي استمّاله عن د الى هـ .

وهو معلوم ان المسافة ض تقاس بالسرعة مضروبة بالوقت هكذا ض = س ث (معادلة ٣) بحيث أن س رمز السرعة . و ث رمز الوقت (الثانية أو الثواني) .

وبما ان مسافة ص هي مقدار الهبوط المعبر عنها هكذا في المعادلة الاولى .

$$ص = \frac{س ث^{٢}}{٢} \quad \text{معادلة } (٤) .$$

ضع في المعادلة الثانية قيمة ض التي في المعادلة الثالثة وقيمة ص التي في المعادلة ٤ يكن لك:—

$$\frac{س ث^{٢}}{٢} = \frac{س^{٢} ث^{٢}}{٢ ش} \quad \text{أو}$$

$$\text{مسافة الهبوط} \quad ص = \frac{س^{٢}}{ش} \quad (\text{المعادلة } ٥)$$

الجاذبية علة المسارعة ولهذا اعتبرنا ج (الجاذبية) = ص

* أي أن المسارعة التي هي نتيجة فعل قوتين إحداهما مركزية تساوي مربع السرعة الناتجة عنها مقسومة على مسافة البعد عن المركز . وبعبارة أخرى ان النسبة التي بين السرعة ومسافة البعد عن المركز (المساوية لمسافة الهبوط) هي مربع السرعة مقسومة على مسافة البعد .

هذه النسبة ثابتة Constant وبموجبها كلما بعد الجسم الدائر حول المركز صارت سرعته أقل . وكلما كان أقرب كانت سرعته أعظم بحيث تكون المسارعة دائماً مساوية $\frac{س^{٢}}{ش}$

فاذا اختلت هذه النسبة بحيث تفوق سرعة الجسم على مسافة بُعده تبرد عن المركز . واذا قلت سرعته بالنسبة الى مسافة بعده هبط الى المركز . ومادامت هذه النسبة محفوظة فهو دائر في مداره حول المركز الى الأبد .

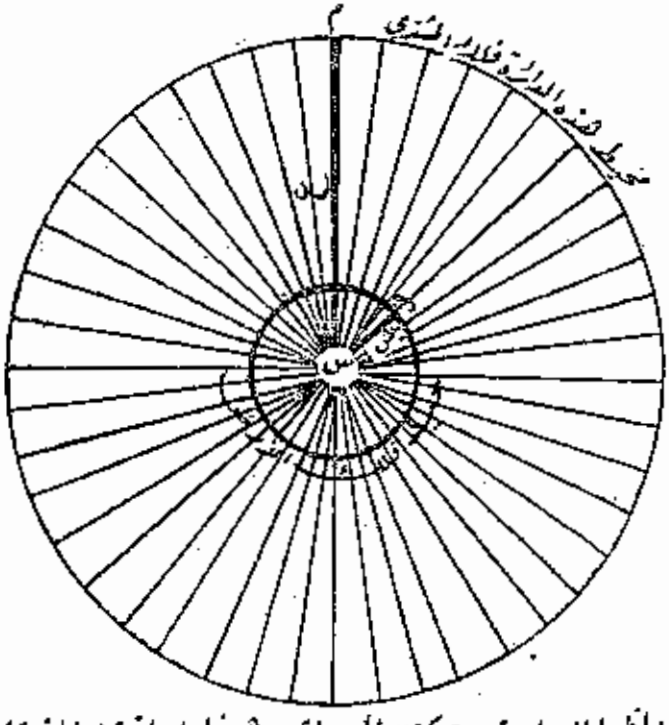
الملحق الثالث

قانون الجاذبية

(الملحق الثالث من الفصل الثاني)

قسم أول

اذا اعتبرنا الجو الجاذبي خطوط قوة منتشرة من المركز (مركز الشمس مثلاً) الى جميع الجهات بالتساوي فالطبع يكون هذا الجو الجاذبي كثيفاً قرب المركز ولطيفاً كلما بعد عن المركز (كما ترى في الشكل الثاني) أي كلما كان أقرب الى المركز كان أقوى، وكلما كان أبعد كان أضعف ، فالسيار الذي يدور حول الشمس في فلك مقرر انما هو سابح في سطح كرة وهمية من



الخطوط الصادرة من مركز الدائرة (الشمس) هي خطوط القوة (الجاذبية)

الشكل الثاني

هذا الجو على بُعد واحد من المركز تقريباً . وهو تحت سلطة من قوة الجذب في هذا الجو مناسبة لبعده عن المركز، (أي نصف قطر تلك الكرة الوهمية التي نحن بصددها) فأينما كان السيار في سطح تلك الكرة الوهمية كان تحت فعل قدر واحد من قوة ذلك الجو الجاذبي .

مثال ذلك ض (في الشكل الثاني) الأرض تسبح حول س الشمس في خط غير معوّج على سطح كروي (والشكل قطاع الكرة) يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ش أي ض س ، وقوة الجاذبية منتشرة في ذلك السطح الكروي تساوي القوة موزعة على مساحة السطح الكروي (لا مساحة الدائرة) هكذا $\frac{ق}{٤ ب ش^{٢}}$

(حرف ب هنا هو (π الحرف اليوناني باي) هو عبارة عن قسمة محيط أي دائرة على قطرها (الذي هو ٢ ش . أي مضاعف شعاعها) كما اصطلح عليه الرياضيون وهو يساوي $\frac{٢٢}{٧}$ تقريباً . وأما (٤ ب ش^{٢}) فهي مساحة سطح أية كرة كما هو معلوم عند الرياضيين) . وحرف (ق) عبارة عن قوة الجاذبية.

وكذلك م المشتري يسبح كالأرض حول الشمس في خط غير معوّج على سطح كروي يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ع . (اي الخط م س)

فلنرَ الآن نسبة جذب الشمس للمشتري الى جذبها للارض على اعتبار ان المشتري يبعد عن الشمس خمس مرات كبُعد الارض عنها تقريباً (وبالتحقيق يبعد ٢ ، ٥ مرات)

$$ج (ض \times س) = \frac{ق}{٤ ب ش^{٢}} \quad \text{مساحة سطح الارض} \qquad (١)$$

$$ج (م \times س) = \frac{ق}{٤ ب ع^{٢}} \quad \text{مساحة سطح المشتري} \qquad (٢)$$

بحيث ان: ج رمز الجاذبية ـ س كتلة الشمس ـ ض كتلة الارض ـ م كتلة المشتري ـ ق قوة الجذب ـ ش مسافة بعد الأرض عن الشمس (أي شعاع فلك الأرض) ـ ع مسافة بعد المشتري عن الشمس (أي شعاع فلك المشتري)

ناسب بين المعادلتين (١) و (٢) أي اقسم الواحدة على الأخرى

$$\frac{ج (ض \times س)}{ج (م \times س)} = \frac{\frac{ق}{٤ ب ش^{٢}}}{\frac{ق}{٤ ب ع^{٢}}} \qquad \text{أبسط}$$

$$\frac{(ج) ض}{(ج) م} = \frac{\frac{١}{ش^{٢}}}{\frac{١}{ع^{٢}}} = \frac{ع^{٢}}{ش^{٢}} \qquad (٣)$$

أي نسبة جذب الارض الى جذب المشتري كنسبة مربع شعاع فلك المشتري الى مربع شعاع فلك الارض هكذا: ض : م : : ع^{٢} : ش^{٢} (٣)

فاذا كان شعاع فلك المشتري (أي مسافة بعده عن الشمس) ٥ مرات شعاع فلك الارض (أي مسافة بعد الأرض عن الشمس) فبحسب المعادلة (٣) لنا :

$$\frac{\text{جاذبية الشمس للارض}}{\text{جاذبية الشمس للمشتري}} = \frac{٢٥}{١} = \frac{٢٥}{٢١}$$ لأن ع = ٥ ش

أي ان جاذبية الشمس للارض ٢٥ مرة جاذبية الشمس للمشتري :

قسم ثان

بقي علينا ان نبرهن نص نيوتن أي قوة الجاذبية $= \frac{\text{شمس} \times \text{ارض}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$

من قوانين الطبيعيات ان القوة = تساوي كتلة الجسم مضروبة في مسافة الحركة أي قوة = كتلة × حركة . ومنها الحركة $= \frac{\text{القوة}}{\text{الكتلة}}$ أو بالرموز ش $= \frac{ق}{ك}$ باعتبار أن ش رمز مسافة الحركة وق رمز القوة وك رمز الكتلة

مثاله : قوة حصان يرفع جسماً وزنه ٥٠ رطلاً متراً واحداً في ثانية، أو جسماً وزنه ١٠٠ رطل خمسة أمتار بنفس الوقت . هكذا :

قوة حصان = ٥٠٠ × ١ = ١٠٠ × ٥ = ٥٠ × ١٠ أو ٥ = $\frac{\text{قوة حصان}}{١٠٠}$

بناء على هذا القانون

مسافة حركة الجاذبية أي مسيرها من المركز الى المحيط وهو النصاع ش | ش = $\frac{\text{قج}}{\text{ض}}$ أي $\frac{\text{قوة جذب الشمس للارض}}{\text{كتلة الارض (وزنها)}}$

ومثله ع ش = $\frac{\text{قج}}{\text{ي}}$ أي $\frac{\text{قوة جذب الشمس للمشتري}}{\text{كتلة المشتري (وزنه)}}$

ض تمثل كتلة الأرض — ي تمثل كتلة المشتري — ش تمثل بعد الأرض عن الشمس — ع ش تمثل بُعد المشتري عن الشمس — قج تمثل قوة الجاذبية

وبناء على هذا تكون معادلة الجاذبية السابقة (٣) هكذا : —

$$\frac{\text{ق ج}}{\text{ض}} \cdot \frac{\text{ق ج}}{\text{ك}} :: \text{ش}^2 : \text{ش}^2 \quad \text{(قوة الجاذبية)}$$

ومنها
$$\frac{\text{ض}^2\,\text{ق ج}}{\text{ض}} = \frac{\text{ش}^2\,\text{ق ج}}{\text{ك}} \qquad (٤)$$

***

ولكننا في هذه المعادلة لم نحسب حساب المسافة بين الأرض والمشتري لأن التجاذب ليس بينهما بل حسبناها بين كل منهما والشمس باعتبار أن الشمس المركز الذي يجذب كلاً منهما وكل منهما يجذبها .

وكذلك غضضنا النظر عن التجاذب الذي بينهما . واقتصرنا على نسبة كل منهما اليها . فاذا رمنا أن نحسب حساب هذا التجاذب كانت ثم (كتلة الشمس) مركباً بين جانبي هذه المعادلة هكذا :

$$\frac{\text{ض}^2\,\text{ق ج}}{\text{ض}} = \text{ثم} = \frac{\text{ش}^2\,\text{ق ج}}{\text{ك}}$$

أي أن كتلة الشمس تقوم مقام كلٍّ منهما هكذا :

$$\text{ثم} = \frac{\text{ض}^2\,\text{ق ج}}{\text{ض}} \text{ ومنها ق ج} = \frac{\text{ثم} \times \text{ض}}{\text{ض}^2} \text{ أي} = \frac{\text{الشمس} \times \text{الارض}}{\text{مربع البعد بينهما}}$$

وهي معادلة قانون نيوتن كما تقدم لنا في أول الفصل الثالث .

بناء عليه اذا ضرب كل من طرفي المعادلة (٤) بقيمة $\frac{١}{\text{ثم}}$ (او اذا قسمت $\frac{\text{ق ج}}{\text{ثم}}$) هكذا.

$$\frac{\text{ض}^2\,\text{ق ج}}{\text{ض}^3} \times \frac{١}{\text{ثم}} = \frac{١}{\text{ثم}} \times \frac{\text{ش}^2\,\text{ق ج}}{\text{ك}}$$

تصبح كما يجب أن تكون هكذا

$$\frac{\text{ثم} \times \text{ض}}{\text{ض}^2} = \frac{\text{ثم} \times \text{ك}}{\text{ش}^2} = \text{ق ج}$$

وهي معادلة نيوتن بعينها .

يعني ان قوة الجاذبية تساوي حاصل ضرب كتلتي جرمين مقسوماً على مربع البعد بينهما أيما كانا وعلى أي بعد كانا (بقطع النظر عن تداخل جرم ثالث على مقربة من احدهما أو من كليهما) وهذا هو معنى تعميم قانون الجاذبية على جميع الأجرام .

قسم ٣

امتحان القانون

لم يدع نيوتن القانون إلاّ بعد أن امتحنه بتطبيقه وقانون المسارعة المشروح في الملحق الثاني على التجاذب بين القمر والارض .

المعلوم ان نصف قطر الأرض ٣٩٥٦ ميلاً وقد علمنا من الملحق الأول أن الجسم يسقط على سطح الأرض بمعدل متوسط ١٦ قدماً بالثانية كل ثانية . فعلينا أن نعلم معدل هبوط القمر نحو مركز الأرض وهو يبعد عنه ٢٣٨ ٨٥٧ ميلاً . والمعلوم ان سرعة القمر في الثانية ٣٣٥٠ قدماً أو $\frac{٣٣٥٠}{٥٢٨٠}$ من الميل (الميل = ٥٢٨٠ قدماً) .

وعلمنا من قانون المسارعة أن مس = $\frac{س^٢}{ن}$ والمعدل الأوسط لـ مس في الثانية هو $\frac{١}{٢} \times \frac{س^٢}{ن}$ ابدل الأرقام بالحروف .

معدل مس = $\frac{١}{٢} \times \frac{(٣٣٥٠)^٢ \text{ السرعة}}{٥٢٨٠ \times ٢٣٨٨٥٧}$ = $\frac{١٤٠٠٨٩}{٣}$ = ٠٫٠٠٤٤٥ من القدم = (٠٫٠٥٣٤) قيراط وهو متوسط هبوط القمر نحو الأرض بالثانية ، هذا حسب قانون المسارعة

فلنرَ الآن هل الحساب حسب قانون الجاذبية يطابق الحساب حسب قانون المسارعة هذا ؟

اذا قسمنا متوسط هبوط أي جسم على سطح الارض على معدل هبوط القمر نحو الأرض هكذا $\frac{١٦ \text{ قدماً}}{٠٫٠٠٤٤٥ \text{ قدم}}$ = ٣٦٣٢ يعني كان لنا مقدار هبوط الاجسام على الأرض ٣٦٣٢ مرة كمقدار هبوط القمر

وبعبارة أخرى كان مقدار جذب الأرض للأجسام التي على سطحها ٣٦٣٢ مرة كمقدار جذبها للقمر . فاذا كان قانون الجاذبية صحيحاً وجب أن يكون مربع مسافة بُعد القمر عن مركز الأرض اذا قسناه بنصف قطر الأرض مساوياً لهذا القدر « ٣٦٣٢ » . فكم هو بعد القمر عن الأرض بمقياس نصف قطرها ؟ أي كم في هذه المسافة من أنصاف قطر الأرض

اقسم المسافة (بين القمر ومركز الأرض) على نصف قطر الأرض هكذا : —

$$\frac{\text{٢٣٨٨٥٧ مسافة بعد القمر عن مركز الارض}}{\text{٣٩٥٦ نصف قطر الارض}} = ٦٠٤٢٧$$

أي أن مسافة بعد القمر عن مركز الأرض تساوي نحو ٦٠ مرة وكسور كنصف قطر الأرض

ربع هذا العدد $(٦٠٤٢٧)^{٢} = ٣٦٣٢$

وهذا العدد هو نفس العدد الذي مرَّ بنا سابقاً . أي هو عدد المرات لمقدار جذب الأرض للقمر اذا قيس بجذبها للاجسام على سطحها كما رأيت آنفاً .

إذن فناموس الجاذبية صحيح لانه مطابق لناموس المسارعة الذي عرف بالاختبار . وهو نتيجة الجاذبية .

لما خطر لنيوتن ناموس الجاذبية رام أن يمتحنه بما لهُ من المعلومات عن دوران القمر حول الأرض وعن ناموس المسارعة هذا الذي نحن بصدده فعمل العملية السابقة . وكان معروفاً حينئذٍ بعملية زاوية اختلاف النظر Parallax ان مسافة بُعد القمر عن مركز الأرض يساوي ٦٠ مرة نصف قطر الأرض .

وكان معلوماً حينئذٍ ان الدرجة من محيط الأرض ٦٠ ميلاً . فعلى هذا الحساب يكون نصف قطر الأرض ٣٤٣٦ ميلاً وهو خلاف الحقيقة . والحقيقة هي أنه ٣٩٥٦ . فلما عمل نيوتن حسابه لم تأتِ النتيجة مطابقة لقانون المسارعة القمرية بل جاءت ٠٠٠٤٤ من القيراط بدل ٠٠٥٣٤ كما أبنَّا آنفاً . فلم يأخذه الغرور لكي يتسامح بهذا الفرق ولاعتبر ان نظريته خطأ . فعدل عنها من غير أن يفوه بكلمة عنها .

بعد ست سنين بلغ اليه أن بيكارد الفرنساوي قاس قوساً من الطول في فرنسا فوجد أن الدرجة تساوي ٦٩½ ميل (لا ٦٠ كما كان يظن) وان نصف القطر اذن ٣٩٥٦ (لا ٣٤٣٦ كما كان يُظن قبلاً) فأسرع نيوتن الى اعادة عمليته على اعتبار تصحيح نصف القطر .

ويقال أنه لشدة انفعاله لم يتمالك أن يعمل العملية الحسابية بنفسه — فكان صديقاً له أن يسرع بعملها . فجاءت النتيجة نجاحاً باهراً . وثمَّ أذاع نظريته

الملحق الرابع

قانون كبلر الثالث

ملحق لـ (٢) من الفصل الثاني

قانون كبلر : نسبة مربع المدة التي يقضيها السيار الواحد من حول الشمس الى مكعب مسافة بعده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيار آخر الى مكعب مسافة بعده . هكذا : —

ت^{٢} : ت$'^{٢}$: : ش^{٣} : ش$'^{٣}$

باعتبار ان ت مدة دوران الجرم الواحد وت مدة دوران الجرم الآخر . وش بُعد الأول وش بُعد الثاني عن الشمس

مثال ذلك نصف قطر فلك الأرض ش (مقياس فلكي واحد) ، ونصف قطر فلك المشتري ٥،٢ خمس مقاييس فلكية وعُشْرين .

(اصطلح الفلكيون على اعتبار مسافة بُعد الأرض عن الشمس مقياساً فلكيًّا واحداً أي متراً أو ذراعاً فلكيًّا . وسائر أبعاد السيارات تحسب بهذا المقياس (انظر ايضاً ٤ من الفصل الرابع)

فبهذا المقياس يبعد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُشرين كبُعد الأرض

والمشتري يتم دورته «ت» في ١١،٨٦ سنة أرضية والارض تتم دورتها في سنة واحدة.

فبناء على معادلة كبلر ابدل الارقام بالرموز هكذا : —

١^{٢} : (١١،٨٦)^{٢} : : ١^{٣} : (٥،٢)^{٣} بالبسط

$$\frac{١}{١٤٠٫٦} = \frac{١}{١٤٠٫٤} \text{ متساويان تقريباً}$$

على هذا النحو يمكن القارىء أن يمتحن المعادلة في جميع السيارات فلا يجد فيها الا خللاً زهيداً بسبب ان بعض الأرقام المحصاة تقريبية .

وبواسطة هذه المعادلة تستطيع ان تستخرج أي ضلع واحد مجهول فيها اذا كنت تعلم الأضلاع الثلاثة الأخرى مثال ذلك :

نبتون يبعد عن الشمس ٣٠ مرة كبعد الأرض تقريباً فكم مدة دورته ؟

ن^{٢} : ت^{٢} . . ش^{٣} : هش^{٣}

١^{٢} : ك^{٢} = ١^{٣} : (٣٠)^{٣}

ك = $\sqrt{٢٧٠٠٠}$ = ١٦٤ سنة تقريباً مدة دورة نبتون

وافرض أننا نعرف مدة دورة المريخ ١،٨٨ سنة . فكم بعده عن الشمس

١^{٢} : (١،٨٨)^{٢} = ١^{٣} : ك^{٣}

ك = $\sqrt[٣]{٢(١،٨٨)}$ = ١،٥٢ بُعده بالمقياس الفلكي

استخراج قانون الجاذبية

من معادلة كبلر

معلوم أن محيط الدائرة (الفلك) يساوي ٢ ش ب باعتبار أن ب = محيط الدائرة مقسوماً على القطر أي $\frac{\text{محيط}}{٢}$ كما تقدم القول سابقاً

ومعلوم ايضاً ان الوقت ت يساوي المسافة مقسومة على السرعة فاذاً .

ت = $\frac{٢ \text{ ش ب}}{\text{س}}$ للسيار الواحد

تت = $\frac{٢ \text{ شش ب}}{\text{سس}}$ للسيار الآخر

ت رمز للوقت الواحد . وتت للوقت الآخر .

و ش بُعد الواحد وشش بُعد الآخر .

س سرعة الواحد وسس سرعة الآخر.

فاذا وضعنا القيمتين الآنفتين بدل ت وتت في معادلة كبلر كان لنا

$\frac{٤ \text{ ش}^{٢} \text{ ب}^{٢}}{\text{س}^{٢}}$: $\frac{٤ \text{ هش}^{٢} \text{ ب}^{٢}}{\text{سس}^{٢}}$ = ش^{٣} : هش^{٣}

بالبسط لنا

$\frac{١}{\text{س}^{٢}}$: $\frac{١}{\text{سس}^{٢}}$ = ش : هش

أو $\frac{س^{٢}}{ص^{٢}} = \frac{ف ش}{ش}$ (معادلة اولى)

وبحسب قانون المسارعة الدوراني الذي شرحناه في الملحق الثاني : —

المسارعة (أي قوة الجاذبية في فلك الارض) $ج = \frac{س^{٢}}{ش}$ او ج ش $= س^{٢}$

وقوة الجاذبية في فلك المشتري $قج = \frac{ص^{٢}}{ف ش}$ او قج ف ش $= ص^{٢}$

ناصب بين هاتين المعادلتين أي اقسم الواحدة على الأخرى .

$$\frac{ج ش}{قج ف ش} = \frac{س^{٢}}{ص^{٢}}$$

عبارة $\frac{س^{٢}}{ص^{٢}}$ الواردة هنا وردت أيضاً في المعادلة السابقة الاولى فعادل بينهما هكذا :

$$\frac{ج ش}{قج ف ش} = \frac{ف ش}{ش}$$

وبالجبر $\frac{ج}{قج} = \frac{ف ش^{٢}}{ش^{٢}}$

وهذه هي معادلة قانون الجاذبية بعينها

يمكن استخراج معادلة كبلر أيضاً من معادلة قانون الجاذبية . ولا محل هنا لهذا .

الملحق الخامس

التناسب بين السرعة والبعد

في عملية استخراج معادلة قانون الجاذبية من معادلة كبلر ظهرت أمامنا المعادلة الأولى هذه

$$\frac{س^{٢}}{ص^{٣}} = \frac{ف ش}{ش} \qquad (٢)$$

ومؤداها أن نسبة مربع سرعة السيار الواحد الى مربع سرعة السيار الآخر كنسبة بعد الثاني الى بعد الأول

أو $س^{٢} \times ش = ص^{٢} \times ف ش$ (٣)

أي حاصل ضرب مربع سرعة الواحد بمسافة بعده كحاصل ضرب مربع سرعة الآخر بمسافة بعده .

مثال ذلك :— الأرض بعدها مقياس واحد وسرعتها ١٨٫٥

$(١٨٫٥)^{٢} \times ١ = ٣٤٢$

وزحل بعده ٩٫٥٣٨٨ مقاييس وسرعته ٦ أميال

$٦^{٢} \times ٩٫٥٣٨٨ = ٣٤٢$ عدد ثابت بناء على المعادلة الثانية أو المعادلة الثالثة لا فرق

$$\frac{\text{س}^{٢}}{\text{مس}^{٢}} = \frac{\text{ف ش}}{\text{ش}}$$

تستطيع أن تستخرج أي مقام مجهول : افرض انك تجهل بعد المريخ وأنت تعرف سرعته ١٥ ميلاً بالثانية وتعرف سرعة الأرض ١٨٫٥ ميلاً ، فلك

$$\frac{(١٨٫٥)^{٢}}{(١٥)^{٢}} = \frac{\text{ك}}{١} = ١٫٥٢ \text{ مقياس فلكي}$$

الملحق السادس

ملحق لآخر (٤) من الفصل الثاني

اذا قذفت جسماً من سطح الأرض قذفاً أفقيًّا لكي يستمر دائراً حول الأرض على مقربة من سطحها كأنه قمر آخر لها قريب منها . فكم يجب ان تكون سرعته لكيلا يقع عليها ولا يشرد عنها

علمنا أن مسارعة أي جسم على الأرض ١٦ قدماً بالثانية كل ثانية . بحسب معادلة ثانون المسارعة في الملحق الثاني أي مس $= \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ش}}$ بحيث ان س السرعة، ش البعد من المركز، لنا

$$(\text{مس}) = ١٦ \text{ قدماً} = \frac{١}{٢} \times \frac{\text{س}^{٢}}{٣٩٥٦ \text{ نصف قطر الأرض بالأميال}}$$

$\text{س}^{٢} = ١٦ \times ٢٠٩٥٠٠٠٠$ بالأقدام

$\text{س} = ٢٥٨٨٠$ قدماً

$\text{س} = ٤٫٩$ أميال